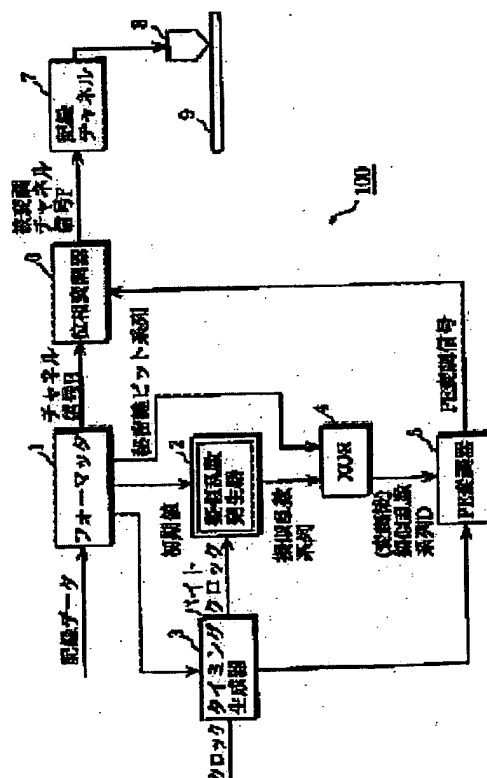


OPTICAL DISK, ITS RECORDER, RECORDING METHOD AND REPRODUCING DEVICE

Patent number: JP2001357533
Publication date: 2001-12-26
Inventor: MIYASHITA SEIJUN; ISHIBASHI HIROMICHI; TANAKA SHINICHI; YUMIBA TAKASHI
Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
Classification:
- International: G11B7/007; G11B7/24; G11B19/02; G11B19/04; G11B20/10
- european:
Application number: JP20000185374 20000620
Priority number(s): JP20000185374 20000620; JP19990192760 19990707; JP19990201382 19990715; JP20000109602 20000411

Abstract of JP2001357533

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical disk recorder or the like which is capable of preventing the illicit copying of the whole of an optical disk recorded with digital written works as it is. **SOLUTION:** This optical disk device has a formatter 1 which forms the channel signal corresponding to main digital information, a secret key memory section 1c which stores sub-digital information (secret key), a pseudo random-number generator 2 which generates pseudo random-number sequences, an XOR 4 which logically inverts the pseudo-random number sequences in accordance with the respective bits of the secret key, a PE modulator 5 which forms a PE modulation signal in accordance with the logically inverted pseudo random-number sequences, a phase modulator 6 which advances the phase of the edge of the channel signal by a specified slight time when the PE modulation signal is '1' and delays the phase of the edge of the channel signal by a specified slight time when the PE modulation signal is '0' and a recording channel 7 for forming recording marks in a DVD 9 based on the channel signal to be modulated which is formed by the phase modulator 6.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-357533

(P2001-357533A)

(43) 公開日 平成13年12月26日 (2001. 12. 26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマート* (参考)
G 1 1 B 7/007		G 1 1 B 7/007	5 D 0 2 9
7/24	5 6 1	7/24	5 6 1 S 5 D 0 4 4
19/02	5 0 1	19/02	5 0 1 J 5 D 0 6 6
19/04	5 0 1	19/04	5 0 1 H 5 D 0 9 0
20/10		20/10	H

審査請求 未請求 請求項の数43 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2000-185374(P2000-185374)

(22) 出願日 平成12年6月20日(2000. 6. 20)

(31) 優先権主張番号 特願平11-192760

(32) 優先日 平成11年7月7日(1999. 7. 7)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平11-201382

(32) 優先日 平成11年7月15日(1999. 7. 15)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2000-109602(P2000-109602)

(32) 優先日 平成12年4月11日(2000. 4. 11)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 宮下 晴旬

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 石橋 広通

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100090446

弁理士 中島 司朗 (外1名)

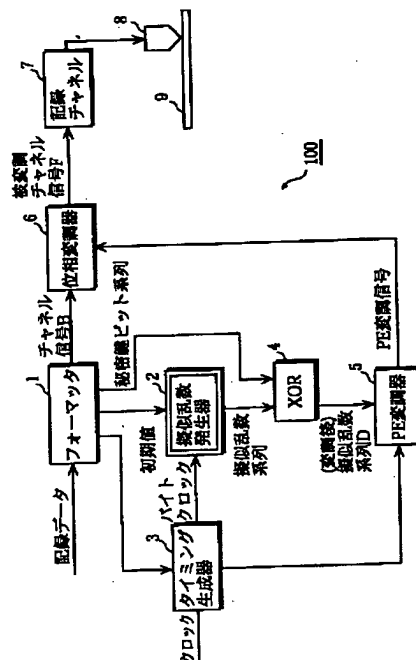
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ディスク、その記録装置、記録方法及び再生装置

(57) 【要約】

【課題】 デジタル著作物が記録された光ディスクがそっくりそのまま不正にコピーされることを防止することが可能な光ディスク記録装置等を提供する。

【解決手段】 主デジタル情報に対応するチャンネル信号を生成するフォーマッタ1と、副デジタル情報(秘密鍵)を記憶する秘密鍵記憶部1cと、擬似乱数系列を発生する擬似乱数発生器2と、秘密鍵の各ビットに基づいて擬似乱数系列を論理反転するXOR4と、論理反転された擬似乱数系列に基づいてP E変調信号を生成するP E変調器5と、P E変調信号が“1”のときにおける前記チャンネル信号のエッジの位相を一定の微少時間だけ進め、P E変調信号が“0”のときにおける前記チャンネル信号のエッジの位相を一定の微少時間だけ遅らせる位相変調器6と、位相変調器6によって生成された被変調チャンネル信号に基づいてDVD 9に記録マークを形成するための記録チャンネル7を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 主デジタル情報と副デジタル情報が記録された光ディスクであって、

前記主デジタル情報は、前記光ディスクのトラック上の離散的な基準位置に形成されるビットの有無によって表現され、

前記副デジタル情報は、ビットの位置が前記基準位置に対して微少量だけ変位しているか否かによって表現されていることを特徴とする光ディスク。

【請求項2】 前記微少量は、副デジタル情報を含まない主デジタル情報だけが記録された光ディスクの再生時に観測されるビットの前記基準位置についてのばらつきの範囲内であることを特徴とする請求項1記載の光ディスク。

【請求項3】 前記副デジタル情報は、ビットのトラック方向における長さを決定づけるエッジを、副デジタル情報を含まないで主デジタル情報だけを記録する場合におけるビットのエッジ位置に対して一定の前記微少量だけ位相を進めた位置及び遅らせた位置のいずれかに形成する位相変調によって記録され、

前記微少量は、副デジタル情報を含まない主デジタル情報だけが記録された光ディスクの再生時に観測されるビットのジッタの範囲内であることを特徴とする請求項2記載の光ディスク。

【請求項4】 前記副デジタル情報が記録されている一定の領域においては、位相を進めた前記位置に記録されたビットのエッジの総数と位相を遅らせた前記位置に記録されたビットのエッジの総数とが略等しいことを特徴とする請求項3記載の光ディスク。

【請求項5】 前記一定の領域においては、前記主デジタル情報の単位符号ごとに、位相を進める変調と位相を遅らせる変調とが等しい確率で施されていることを特徴とする請求項4記載の光ディスク。

【請求項6】 前記副デジタル情報は、ビットを、トラック中心からラジアル方向に一定の前記微少量だけ内周側に変位させた位置及び外周側に変位させた位置のいずれかに形成するラジアル変調によって記録され、前記微少量は、副デジタル情報を含まない主デジタル情報だけが記録された光ディスクの再生時に観測されるビットのラジアルエラーの範囲内であることを特徴とする請求項2記載の光ディスク。

【請求項7】 前記副デジタル情報が記録されている一定の領域においては、内周側に変位した前記位置に記録されたビットの総数と外周側に変位した前記位置に記録されたビットの総数とが略等しいことを特徴とする請求項6記載の光ディスク。

【請求項8】 前記一定の領域においては、前記主デジタル情報の単位符号ごとに、内周側に変位させる変調と外周側に変位させる変調とが等しい確率で施されていることを特徴とする請求項7記載の光ディスク。

【請求項9】 前記主デジタル情報は、所定の基準クロックに同期して形成された情報ビット列であり、

前記副デジタル情報は、前記基準クロックに対して局所的に位相誤差を加えて形成されたビット列により表現されるコピーガード情報であることを特徴とする請求項1記載の光ディスク。

【請求項10】 前記副デジタル情報は、ビット列を再生する際にジッタとして検出されるように位相変調が施されていることを特徴とする請求項9記載の光ディスク。

【請求項11】 前記位相誤差の変動帯域は情報再生時のPLLの追従帯域よりも十分高いことを特徴とする請求項9記載の光ディスク。

【請求項12】 前記位相誤差における位相の変動の平均は0であることを特徴とする請求項9記載の光ディスク。

【請求項13】 前記位相誤差は、記録ビットの始端および終端の同一量でしかも同一方向のシフトと、記録ビットの始端および終端の同一量でしかも逆方向のシフトとの順次組合せで施されていることを特徴とした請求項9記載の光ディスク。

【請求項14】 前記光ディスクには、さらに、コピーガード情報と相関する鍵情報が形成されていることを特徴とする請求項9記載の光ディスク。

【請求項15】 主デジタル情報に副デジタル情報を重畳させて光ディスクに記録する装置であって、前記光ディスクのトラック上の離散的な基準位置にビットを形成することによって前記主デジタル情報を記録する主デジタル情報記録手段と、

ビットの位置を前記基準位置に対して微少量だけ変位させることによって前記副デジタル情報を記録する副デジタル情報記録手段とを備えることを特徴とする光ディスク記録装置。

【請求項16】 前記微少量は、副デジタル情報を含まない主デジタル情報だけが記録された光ディスクの再生時に観測されるビットの前記基準位置についてのばらつきの範囲内であることを特徴とする請求項15記載の光ディスク記録装置。

【請求項17】 前記副デジタル情報記録手段は、ビットのトラック方向における長さを決定づけるエッジを、副デジタル情報を含まないで主デジタル情報だけを記録する場合におけるビットのエッジ位置に対して一定の前記微少量だけ位相を進めた位置及び遅らせた位置のいずれかに形成する位相変調によって前記副デジタル情報を記録し、

前記微少量は、副デジタル情報を含まない主デジタル情報だけが記録された光ディスクの再生時に観測されるビットのジッタの範囲内であることを特徴とする請求項16記載の光ディスク記録装置。

【請求項18】 前記副デジタル情報記録手段は、副デ

デジタル情報が記録される一定の領域において、位相を進めた前記位置に記録されたビットのエッジの総数と位相を遅らせた前記位置に記録されたビットのエッジの総数とが略等しくなるように、前記位相変調を行うことを特徴とする請求項 17 記載の光ディスク記録装置。

【請求項 19】 前記副デジタル情報記録手段は、前記一定の領域において、前記主デジタル情報の単位符号ごとに、位相を進める変調と位相を遅らせる変調とを等しい確率で施すことを特徴とする請求項 18 記載の光ディスク記録装置。

【請求項 20】 前記副デジタル情報記録手段は、前記副デジタル情報に基づいて、記録される主デジタル情報の各チャンネルコードの中央において論理反転する P E 変調信号を生成する P E 変調部と、前記 P E 変調信号が第 1 の状態を示す時間においては前記主デジタル情報のビット位置を示すチャンネル信号のエッジの位相を前記微少量だけ進め、前記 P E 変調信号が第 2 の状態を示す時間においては前記エッジの位相を前記微少量だけ遅らせる位相変調部と、前記位相変調部によって生成された被変調チャンネル信号に基づいて前記光ディスクにビットを形成する書き込み部とを有することを特徴とする請求項 19 記載の光ディスク記録装置。

【請求項 21】 前記副デジタル情報記録手段は、ビットを、トラック中心からラジアル方向に一定の前記微少量だけ内周側に変位させた位置及び外周側に変位させた位置のいずれかに形成するラジアル変調によって前記副デジタル情報を記録し、前記微少量は、副デジタル情報を含まない主デジタル情報だけが記録された光ディスクの再生時に観測されるビットのラジアルエラーの範囲内であることを特徴とする請求項 16 記載の光ディスク記録装置。

【請求項 22】 前記副デジタル情報記録手段は、副デジタル情報が記録される一定の領域において、内周側に変位した前記位置に記録されたビットの総数と外周側に変位した前記位置に記録されたビットの総数とが略等しくなるように、前記ラジアル変調を行うことを特徴とする請求項 21 記載の光ディスク記録装置。

【請求項 23】 前記副デジタル情報記録手段は、前記一定の領域において、前記主デジタル情報の単位符号ごとに、内周側に変位させる変調と外周側に変位させる変調とを等しい確率で施すことを特徴とする請求項 22 記載の光ディスク記録装置。

【請求項 24】 前記副デジタル情報記録手段は、前記副デジタル情報に基づいて、記録される主デジタル情報の各チャンネルコードの中央において論理反転する P E 変調信号を生成する P E 変調部と、前記 P E 変調信号が第 1 の状態を示す時間においては、ビットを形成するためのビームスポットの位置をトラック中心からラジアル方向に一定の前記微少量だけ内周側

に変位させるための信号を生成し、前記 P E 変調信号が第 2 の状態を示す時間においては、ビットを形成するためのビームスポットの位置をトラック中心からラジアル方向に一定の前記微少量だけ外周側に変位させるための信号を生成するラジアル変調部と、

前記ラジアル変調部によって生成された信号に基づいてビームスポットの位置を変位させるビーム偏向部とを有することを特徴とする請求項 23 記載の光ディスク記録装置。

【請求項 25】 前記副デジタル情報記録手段はさらに、

乱数系列を発生する乱数発生部と、

前記副デジタル情報に基づいて前記乱数発生部から発生された乱数系列に論理変換を施す論理変換部とを有し、前記 P E 変調部は、前記論理変換部によって論理変換された乱数系列に基づいて前記 P E 変調信号を生成することを特徴とする請求項 21 又は 24 記載の光ディスク記録装置。

【請求項 26】 前記副デジタル情報記録手段はさらに、

前記副デジタル情報を秘密に保持する副デジタル情報記録部を有し、

前記論理変換部は、前記副デジタル情報記録部に保持された副デジタル情報を構成する各ビット値と前記乱数発生部から発生された一定長の乱数系列との排他的論理和を算出することを前記副デジタル情報の全ビットについて繰り返していくことを特徴とする請求項 25 記載の光ディスク記録装置。

【請求項 27】 主デジタル情報に副デジタル情報を重畳させて光ディスクに記録する方法であって、前記光ディスクのトラック上の離散的な基準位置にビットを形成することによって前記主デジタル情報を記録する主デジタル情報記録ステップと、

ビットの位置を前記基準位置に対して微少量だけ変位させることによって前記副デジタル情報を記録する副デジタル情報記録ステップとを備えることを特徴とする光ディスク記録方法。

【請求項 28】 前記微少量は、副デジタル情報を含まない主デジタル情報だけが記録された光ディスクの再生時に観測されるビットの前記基準位置についてのばらつきの範囲内であることを特徴とする請求項 27 記載の光ディスク記録方法。

【請求項 29】 前記副デジタル情報記録ステップでは、ビットのトラック方向における長さを決定づけるエッジを、副デジタル情報を含まない主デジタル情報だけを記録する場合におけるビットのエッジ位置に対して一定の前記微少量だけ位相を進めた位置及び遅らせた位置のいずれかに形成する位相変調によって前記副デジタル情報を記録し、

前記微少量は、副デジタル情報を含まない主デジタル情

報だけが記録された光ディスクの再生時に観測されるビットのジッタの範囲内であることを特徴とする請求項28記載の光ディスク記録方法。

【請求項30】 前記副デジタル情報記録ステップでは、ビットを、トラック中心からラジアル方向に一定の前記微少量だけ内周側に変位させた位置及び外周側に変位させた位置のいずれかに形成するラジアル変調によって前記副デジタル情報を記録し、

前記微少量は、副デジタル情報を含まない主デジタル情報だけが記録された光ディスクの再生時に観測されるビットのラジアルエラーの範囲内であることを特徴とする請求項28記載の光ディスク記録方法。

【請求項31】 主デジタル情報と副デジタル情報が記録された光ディスクの再生装置であって、前記光ディスクのトラック上の離散的な基準位置に形成されたビットを検出することによって主デジタル情報を再生する主デジタル情報再生手段と、検出したビットの列に対応するチャンネル信号から、前記基準位置に同期するチャンネルビットクロックを抽出するクロック抽出手段と、前記チャンネル信号と前記チャンネルビットクロックとの位相差に基づいて副デジタル情報を抽出する副デジタル情報抽出手段とを備えることを特徴とする光ディスク再生装置。

【請求項32】 前記副デジタル情報抽出手段は、データ系列を予め記憶するデータ系列記憶部と、前記データ系列記憶部に記憶されたデータ系列と前記位相差との間の相関性を検出し、その結果に基づいて前記副デジタル情報を抽出する相関性検出部とを有することを特徴とする請求項31記載の光ディスク再生装置。

【請求項33】 前記副デジタル情報抽出手段はさらに、前記位相差に基づいて、前記チャンネルビットクロックに対する前記チャンネル信号の位相の進み分だけを示す進相誤差信号と前記チャンネル信号の位相の遅れ分だけを示す遅相誤差信号とを生成する位相分離部を有し、前記相関性検出部は、前記データ系列に基づいて、前記進相誤差信号及び遅相誤差信号を同期検波することによって前記相関性を検出することを特徴とする請求項32記載の光ディスク再生装置。

【請求項34】 前記相関性検出部は、前記データ系列に基づいて、読み出された主デジタル情報の各チャンネルコードの中央で論理反転するPE変調信号を生成するPE変調部と、前記PE変調信号が第1の状態を示す時間においては前記進相誤差信号が示す位相の進み分を加算すると共に前記遅相誤差信号が示す位相の遅れ分を減算しながら積算し、前記PE変調信号が第2の状態を示す時間においては前記進相誤差信号が示す位相の進み分を減算すると共に前記遅相誤差信号が示す位相の遅れ分を加算しながら

積算する積算部と、

前記積算部による積算値に基づいて前記副デジタル情報を生成する副デジタル情報生成部とを有することを特徴とする請求項33記載の光ディスク再生装置。

【請求項35】 前記データ系列は乱数系列であり、前記積算部は、一定長の前記乱数系列について前記進み分と遅れ分とを積算し、

前記副デジタル情報生成部は、前記一定長の乱数系列についての前記積算部による積算値の大きさが予め定められたしきい値より大きいか判定し、大きい場合には、その結果に基づいて前記副デジタル情報を出力することを特徴とする請求項34記載の光ディスク再生装置。

【請求項36】 主デジタル情報と副デジタル情報が記録された光ディスクの再生装置であって、前記光ディスクのトラック上の離散的な基準位置に形成されたビットを検出することによって主デジタル情報を再生する主デジタル情報再生手段と、検出された前記ビットの位置についてのトラック中心からラジアル方向への変位を検出するラジアルエラー検出手段と、検出された変位に基づいて副デジタル情報を抽出する副デジタル情報抽出手段とを備えることを特徴とする光ディスク再生装置。

【請求項37】 前記副デジタル情報抽出手段は、データ系列を予め記憶するデータ系列記憶部と、前記データ系列記憶部に記憶されたデータ系列と前記変位の方向との間の相関性を検出し、その結果に基づいて前記副デジタル情報を抽出する相関性検出部とを有することを特徴とする請求項36記載の光ディスク再生装置。

【請求項38】 前記副デジタル情報抽出手段はさらに、検出された前記変位に基づいて、前記ビットがトラック中心よりもラジアル方向の内周側に形成されていることを示す内周側変位信号と外周側に形成されていることを示す外周側変位信号とを生成するラジアルエラー分離部を有し、前記相関性検出部は、前記データ系列に基づいて、前記内周側変位信号及び外周側変位信号を同期検波することによって前記相関性を検出することを特徴とする請求項37記載の光ディスク再生装置。

【請求項39】 前記相関性検出部は、前記データ系列に基づいて、読み出された主デジタル情報の各チャンネルコードの中央で論理反転するPE変調信号を生成するPE変調部と、前記PE変調信号が第1の状態を示す時間においては前記内周側変位信号が示す内周側への変位分を加算すると共に前記外周側変位信号が示す外周側への変位分を減算しながら積算し、前記PE変調信号が第2の状態を示す時間においては前記内周側変位信号が示す内周側への変

位分を減算すると共に前記外周側変位信号が示す外周側への変位分を加算しながら積算する積算部と、前記積算部による積算値に基づいて前記副デジタル情報を生成する副デジタル情報生成部とを有することを特徴とする請求項38記載の光ディスク再生装置。

【請求項40】 前記データ系列は乱数系列であり、前記積算部は、一定長の前記乱数系列について前記内周側への変位分と前記外周側への変位分とを積算し、前記副デジタル情報生成部は、前記一定長の乱数系列についての前記積算部による積算値の大きさが予め定められたしきい値より大きいか判定し、大きい場合には、その結果に基づいて前記副デジタル情報を出力することを特徴とする請求項39記載の光ディスク再生装置。

【請求項41】 前記光ディスク再生装置はさらに、前記副デジタル情報生成部において前記積算値の大きさが前記しきい値より大きくないと判定された場合に、前記主デジタル情報の前記再生動作を制限する再生制限手段を備えることを特徴とする請求項35又は40記載の光ディスク再生装置。

【請求項42】 前記副デジタル情報生成部は、前記積算部による積算値が予め定められた正のしきい値より大きい第1の相関性が存在する場合であるか、予め定められた負のしきい値より小さい第2の相関性が存在する場合であるか、いずれでもない相関性が存在しない場合であるか判定し、相関性が存在する場合に、その結果を副デジタル情報として出力し、

前記光ディスク再生装置はさらに、

秘密情報を記憶する秘密情報記憶手段と、

前記秘密情報記憶手段に記憶された秘密情報と前記副デジタル情報生成部が生成した副デジタル情報とを比較する検証手段とを備え、

再生制限手段は、前記場合に加えて、前記検証手段での比較において一致しないと判定された場合にも、前記主デジタル情報の前記再生動作を制限することを特徴とする請求項41記載の光ディスク再生装置。

【請求項43】 光ディスクを再生する装置であって、前記光ディスクは、所定の基準クロックにより情報ビット列が形成されるとともに、局所的に位相誤差を加えたビット列を形成することによりコピーガード情報が形成されており、

前記装置は、

PLLの位相比較誤差の振幅の変動により、コピーガード情報を識別する手段を備えることを特徴とする光ディスク再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスク、その記録装置、記録方法及び再生装置に関し、特に、副デジタル情報を主デジタル情報に埋め込みながら光ディスクに記録する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】DVD (Digital Versatile/Video Disc) に代表される光ディスクは、AV (Audio Video) データやコンピュータデータ等の大容量のデジタルデータを記録する媒体として広く普及している。例えば、2時間以上の高品質な動画がDVD-ROMに記録され、販売されている。このようなデジタル著作物の健全な流通を確保するためには、記録媒体上のデジタル著作物が不正に他の記録媒体にコピーされることを防止する技術が必要とされる。

【0003】不正コピーを防止する従来の技術として、コンテンツ暗号と呼ばれる方式がある (日経エレクトロニクス1996.11.18 P.13-14参照)。図30は、その方式を説明するための図面であり、DVDの一般的な記録領域を示す。この従来の方式では、映画等の圧縮化されたデジタルコンテンツを3階層の秘密鍵 (タイトル鍵、ディスク鍵、マスター鍵) を用いて暗号化した後に、その暗号化コンテンツをユーザがアクセス可能なユーザ情報領域9aに記録しておくものである。そして、それら暗号鍵の中で最も重要なマスター鍵についてはライセンスを受けた正規のDVD機器メーカーにだけ通知しておき、個々のDVD毎及びタイトル毎に必要とされるディスク鍵及びタイトル鍵については、マスター鍵に基づいて暗号化した後に、ユーザがアクセスできない制御情報領域 (リードイン領域) 9bに格納しておくというものである。

【0004】これによって、ライセンスを受けていない不正なDVD再生装置による暗号化コンテンツの復号は不可能となるので、暗号化されていない状態のデジタル著作物が記録されたDVDを大量に製造し販売する等の不正行為が防止される。また、特開平11-39721号公報に記載されているように、基準クロックにFM変調をかけるなどして、光ディスク上にコピーガード情報を潜在させて違法な複製を防ぐ方法等も提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらの従来技術は、いわゆる海賊版の発生を防止することができない。例えば、完全に回転同期を取った二機のスピンドルモータの一方にDVDを、他方に複製原盤を装着し、DVDから再生されるデータ列を再生してPLLを用いて同期化してビットストリームを生成し、このビットストリームをそのまま記録すれば、容易に複製が実行できる。

【0006】つまり、コピーガード情報や制御情報領域も含めたDVDの全記憶領域の内容がそのまま他のDVDにデッドコピーされてしまった場合には、正規のDVDと同様に、ライセンスを受けたDVD機器によって暗号化コンテンツが読み出され、復号されてしまう。これでは、非暗号化コンテンツが格納されたDVDの不正な

製造を防止することはできても、暗号化コンテンツが格納されたDVDをそっくりそのまま不正にコピーするという不正行為を防止することはできない。このような海賊版が安価に市場に出回ることとなれば、そのコンテンツの著作権は侵害されてしまう。

【0007】そこで、本発明はかかる問題点を鑑みてなされたものであり、デジタル著作物が記録された光ディスクがそっくりそのまま不正にコピーされることを防止することが可能な光ディスク、その記録装置、記録方法及び再生装置等を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係る光ディスクは、主デジタル情報と副デジタル情報が記録された光ディスクであって、前記主デジタル情報は、前記光ディスクのトラック上の離散的な基準位置に形成されるピットの有無によって表現され、前記副デジタル情報は、ピットの位置が前記基準位置に対して微量だけ変位しているか否かによって表現されていることを特徴とする。

【0009】また、本発明に係る光ディスク記録装置は、主デジタル情報に副デジタル情報を重畳させて光ディスクに記録する装置であって、前記光ディスクのトラック上の離散的な基準位置にピットを形成することによって前記主デジタル情報を記録する主デジタル情報記録手段と、ピットの位置を前記基準位置に対して微量だけ変位させることによって前記副デジタル情報を記録する副デジタル情報記録手段とを備えることを特徴とする。

【0010】より具体的には、主デジタル情報に対応するチャンネル信号を生成するフォーマッタと、副デジタル情報（秘密鍵）を記憶する秘密鍵記憶部と、擬似乱数系列を発生する擬似乱数発生器、秘密鍵の各ビットに基づいて擬似乱数系列を論理反転するXORと、論理反転された擬似乱数系列に基づいてPE変調信号を生成するPE変調器と、PE変調信号が“1”のときにおける前記チャンネル信号のエッジの位相を一定の微量時間だけ進め、PE変調信号が“0”のときにおける前記チャンネル信号のエッジの位相を一定の微量時間だけ遅らせる位相変調器と、位相変調器によって生成された被変調チャンネル信号に基づいてDVDに記録マークを形成するための記録チャンネルを備える光ディスク記録装置としてもよい。

【0011】また、本発明に係る光ディスク再生装置は、主デジタル情報と副デジタル情報が記録された光ディスクの再生装置であって、前記光ディスクのトラック上の離散的な基準位置に形成されたピットを検出することによって主デジタル情報を再生する主デジタル情報再生手段と、検出したピットの列に対応するチャンネル信号から、前記基準位置に同期するチャンネルピットクロックを抽出するクロック抽出手段と、前記チャンネル信号と前

記チャンネルピットクロックとの位相差に基づいて副デジタル情報を抽出する副デジタル情報抽出手段とを備えることを特徴とする。

【0012】また、主デジタル情報と副デジタル情報が記録された光ディスクの再生装置であって、前記光ディスクのトラック上の離散的な基準位置に形成されたピットを検出することによって主デジタル情報を再生する主デジタル情報再生手段と、検出された前記ピットの位置についてのトラック中心からラジアル方向への変位を検出するラジアルエラー検出手段と、検出された変位に基づいて副デジタル情報を抽出する副デジタル情報抽出手段とを備える構成としてもよい。

【0013】また、光ディスクを再生する装置であって、前記光ディスクは、所定の基準クロックにより情報ビット列が形成されるとともに、局所的に位相誤差を加えたビット列を形成することによりコピーガード情報が形成されており、前記装置は、PLLの位相比較誤差の振幅の変動により、コピーガード情報を識別する手段を備える構成としてもよい。

【0014】また、本発明は、上記光ディスク記録装置及び再生装置における特徴的な構成要素をステップとする記録方法及び再生方法として実現することもできる。

【0015】

【発明の実施の形態】（第1の実施の形態）以下、本発明の第1の実施の形態について図面を用いて説明する。

【光ディスク記録装置】図1は、本発明に係る光ディスク記録装置100の特徴的な部分についての構成を示すブロック図である。なお、本図に示された主な信号B、D、E、Fの波形は、図2のタイミングチャートに示される通りである。また、二重線で囲まれたブロックは、その構成要素が秘密状態で実装されている、例えば、それらが1個のLSIに閉じ込められた回路により実現されているように、外部から容易に解読できない態様で実装されていることを示す。

【0016】本装置100は、光ディスクのトラック上の離散的な基準位置に記録マークを形成することによって主デジタル情報を記録するだけでなく、そのときの記録マークのエッジ（記録マークのトラック方向における長さを決定づけるエッジ）を位相変調することによってウォータマーク等の隠し情報（ここでは、56ビットの秘密鍵）を副デジタル情報として主デジタル情報に埋め込みながら同時に記録していく機能を有するDVD-R OM用の記録装置であり、フォーマッタ1、擬似乱数発生器2、タイミング生成器3、排他的論理和ゲート4、PE（Phase Encoding）変調器5、位相変調器6、記録チャンネル7及び記録ヘッド8を備える。

【0017】フォーマッタ1は、主デジタル情報（記録データ）を変調したり、副デジタル情報を指定したり、副デジタル情報を記録するための制御を行ったりする回路である。図3は、フォーマッタ1の詳細な構成を示す

ブロック図である。フォーマッタ1は、本装置100に入力された記録データをDVD9に適した信号(チャネル信号B)に変調する変調部1aと、擬似乱数発生器2により生成される擬似乱数系列の初期値を予め秘密に記憶する初期値記憶部1bと、56ビットの秘密鍵を予め記憶する秘密鍵記憶部1cとから構成される。

【0018】変調部1aは、図2のタイミングチャートに示されるように、入力された記録データを8ビット長の符号(バイト)ごとに、対応する16ビット長のチャネルコードAに変換(8to16変換)した後に、NRZI変換することによりチャネル信号Bを生成し、位相変調器6に出力する。また、変調部1aは、秘密鍵の記録(以下、このような動作を「秘密鍵記録モード」という。)を開始する旨の通知を図示されていないコントローラ等から受けた場合には、1バイトの記録データが入力されてくる度に、そのバイトの先頭を示すタイミング信号をタイミング生成器3に出力する。

【0019】初期値記憶部1bは、秘密鍵記録モードが開始されたときに、予め秘密に保持していた15ビット長のデータ(初期値)を擬似乱数発生器2に出力する。秘密鍵記憶部1cは、秘密鍵記録モードが開始されると、予め秘密に保持していた56ビット長の秘密鍵をLSBから1ビットずつ順にNRZフォーマットで排他的論理和ゲート4に出力していく。このとき、秘密鍵記憶部1cは、変調部1aが256バイト分の記録データを変調する毎に次の上位ビットを出力する。つまり、秘密鍵記憶部1cは、合計256×56バイト分の記録データに対応させて、56ビットの1個の秘密鍵をビットシリアルに、秘密鍵ビット系列としてXOR4に出力していく。

【0020】図4は、秘密鍵、擬似乱数系列及び記録データの対応関係を示す図である。56ビットの秘密鍵を隠し情報として光ディスクに記録するために、秘密鍵の各ビットにつき256ビットの擬似乱数系列が用いられ、その擬似乱数系列における各ビットが1バイトの記録データ(16ビットのチャネルコード)に埋め込まれることが示されている。なお、56ビットの秘密鍵の各ビットは、後述するように、対応する256ビットの擬似乱数系列を論理反転するか否かのフラグとして用いられる。

【0021】タイミング生成器3は、(i)変調部1aからのタイミング信号に基づいて、記録データの各バイトに同期したクロック信号(バイトクロック)を擬似乱数発生器2に出力すると共に、(ii)そのタイミング信号と図示されていないクロック発振器からのクロック信号とに基づいて、フォーマッタ1から出力されるチャネル信号Bの中央(位相が180度となる時点)を示すタイミング信号をPE変調器5に出力する。

【0022】擬似乱数発生器2は、初期値記憶部1bからの初期値をプリセット値とし、タイミング生成器3か

ら入力されるバイトクロックをシフトクロックとして、2の15乗個のビット系列を1サイクルとする擬似乱数系列(M系列)を生成する。図5は、擬似乱数発生器2の詳細な構成を示す回路図である。擬似乱数発生器2は、初期値記憶部1bからの初期値を保持する15ビット長のプリセットレジスタ2aと、15段(ビット)のシフトレジスタ2bと、そのシフトレジスタ2bのMSB(第14桁)と第10桁それぞれの出力値の排他的論理和を算出する排他的論理和ゲート2cとから構成される。

【0023】初期値記憶部1bから送られてくる初期値がプリセットレジスタ2aにセットされると、その直後に送られてくるフォーマッタ1からのストロープ信号によって、その初期値がシフトレジスタ2bに書き込まれる。その後、タイミング生成器3からのバイトクロックに同期して、シフトレジスタ2bに格納された15ビットの値は左方向に桁シフトされると共に、排他的論理和ゲート2cからの出力値がシフトレジスタ2bのLSB(第0桁)にフィードバックされて格納される。これによって、シフトレジスタ2bのMSBには、バイトごとに1ビットの新たな乱数が生成され、擬似乱数系列として、排他的論理和ゲート4に送られる。

【0024】なお、第1の実施の形態では、この擬似乱数発生器2は、秘密鍵記録モードにおいて、合計256×56バイトの記録データに埋める擬似乱数系列、即ち、256×56ビットの擬似乱数系列を生成するために用いられている。排他的論理和ゲート4は、擬似乱数発生器2からの擬似乱数系列と秘密鍵記憶部1cからのビット系列との排他的論理和を算出し、その結果得られる擬似乱数系列DをPE変調器5に出力する。つまり、この排他的論理和ゲート4は、56ビットの秘密鍵の各ビット値に応じて、擬似乱数発生器2から発生された256ビット分の擬似乱数系列をそのままPE変調器5に入力させるか、又は、論理反転した後にPE変調器5に入力させるかを選択的に行っている。

【0025】PE変調器5は、タイミング生成器3からのタイミング信号に基づいて、排他的論理和ゲート4から送られてくる擬似乱数系列DをPE変換し、得られたPE変調信号Eを位相変調器6に出力する。その結果、PE変調信号Eは、図2のタイミングチャートに示されるように、排他的論理和ゲート4から出力された擬似乱数Dが0の場合にはチャネル信号Bの中央において立ち下がり、擬似乱数Dが1の場合には立ち上がり、同じ乱数値が続く場合にはチャネル信号Bの境目でもう一度反転するような波形となる。

【0026】位相変調器6は、PE変調器5からのPE変調信号Eに基づいて、フォーマッタ1からのチャネル信号Bのエッジを一定の微少時間だけ遅らせるか進ませるか位相変調を行い、得られた被変調チャネル信号Fを記録チャネル7に出力する。なお、上記微少時間は、

この位相変調器6をバイパスして(副デジタル情報を記録しないで)主デジタル情報だけを記録した通常のDVD9が通常の再生装置で再生された場合に観測されるジッタの度数分布(ばらつき)における標準偏差 σ の半分の値(0.5σ)に予め設定されている。

【0027】図6は、位相変調器6の詳細な構成を示すブロック図である。位相変調器6は、上記微少時間だけ信号を遅延させる遅延器6aと、2入力1出力のセレクタ6bとから構成される。セレクタ6bは、制御信号として入力されるPE変調信号Eが“1”のときには、フォーマッタ1から直接に入力されるチャンネル信号Bを通過させ、PE変調信号Eが“0”のときには、遅延器6aを経て入力されるチャンネル信号Bを通過させる。

【0028】これによって、位相変調器6に入力されたチャンネル信号Bの立ち上がり及び立ち下がりエッジは、結果として(相対的な時間関係において)、PE変調信号Eが“1”を示しているとき($0\sim180$ 度)には上記微少時間だけ位相が進められ、PE変調信号Eが“0”を示しているとき($180\sim360$ 度)には上記微少時間だけ位相が遅らされる。つまり、位相変調器6に入力されたチャンネル信号Bは、擬似乱数系列Dに基づいてジッタ変調を受け、図2に示されるような被変調チャンネル信号Fに変換される。

【0029】記録チャンネル7は、位相変調器6からの被変調チャンネル信号Fの1/0に同期してDVD9に露光させるレーザービームをON/OFFさせる制御信号を生成し記録ヘッド8に送る。記録ヘッド8は、記録チャンネルからの制御信号に基づいて、レーザービームをON/OFFさせながら、回転するDVD9の表面に螺旋状にビームスポットを当てていくことにより、カッティングしていく。このようにして、光学的に読み取り可能な凹又は凸のビットからなる被変調記録マークGがDVD9に形成される。

【0030】図7は、記録ヘッド8によってビットが形成されたDVD9の記録膜の表面を示す外観図である。秘密鍵記録モードにおいて形成されたビットのトラック方向における2つのエッジそれぞれの位置は、秘密鍵記録モードでない場合に形成されるビットのエッジ位置に対して、上記一定の微少時間に相当する変位量だけ位相が進んだ(又は遅れた)位置にずれて形成されている。

【0031】図8は、このような秘密鍵記録モードにおいて形成されたビット、即ち、ジッタ変調を受けて記録された被変調記録マークGについて観測されるジッタの頻度(度数)分布を示すグラフである。曲線121は、PE変調信号Eが“0”のときに生成された被変調記録マークGのエッジだけについてのジッタ分布を示し、上記変位量だけ位相が遅れる方向にずれた位置X(L)を最大頻度とするガウス曲線に近い曲線となる。曲線122は、PE変調信号Eが“1”のときに生成された被変調記録マークGのエッジだけについてのジッタ分布を示

し、上記変位量だけ位相が進んだ方向にずれた位置X(H)を最大頻度とするガウス曲線に近い曲線となる。曲線123は、それら両曲線121及び122を足し合わせた全体のジッタ分布を示す。

【0032】本発明は、秘密鍵の記録時に用いられた擬似乱数系列と同一の擬似乱数系列で同期検波するならば、曲線123のジッタ分布を曲線121と曲線122それぞれの分布に分離し得ることを利用している。以上のように、本装置100によって56ビットの秘密鍵が埋め込まれたDVDは以下の性質を有する。

【0033】秘密鍵は、記録マークのエッジ(トラック方向の2つのエッジそれぞれ)の位置をトラックの進行方向(ビームスポットの走査方向)に微少量だけずらすというジッタ変調によって記録されているので、ジッタに埋もれた情報を読み出す機能を持たない通常の再生装置によっては、その秘密鍵を読み出すことはできない。

【0034】従って、通常の再生装置を用いて、このような秘密鍵が記録されたDVDの全ての内容をそっくりそのまま読み出した後に他のDVDに記録したとしても、元の主デジタル情報だけがコピーされ、ジッタに埋もれて記録されていた副デジタル情報(秘密鍵)はコピーされることがない。これによって、オリジナルのDVDと不正にコピーされたDVDとを区別することが可能となるので、例えば、再生装置において、秘密鍵が含まれたDVDの再生だけを許可する機構を設けることで、海賊版のDVDが出回ることによる著作権の侵害を回避することが可能となる。

【0035】また、本装置100は、56ビットの秘密鍵をそのままDVDに記録するのではなく、秘密鍵の各ビットに256ビットの乱数系列を対応させ、それら乱数系列をDVDに記録している。つまり、ジッタに埋もれた情報は、秘密鍵のビット系列ではなく、秘密にされた乱数系列なので、その解読は困難であり、情報の秘匿化が高くなる。

【0036】さらに、本装置100は、乱数系列によって直接にチャンネル信号Bをジッタ変調するのではなく、乱数系列を一旦PE変換して得られるPE変調信号Eによってチャンネル信号Bをジッタ変調しているので、1バイトの記録データ(1個のチャンネルコード)ごとに、位相を進める変調と位相を遅らせる変調とが等しい確立(180 度ずつ)で行われることとなり、再生時には安定したクロックの抽出再生が行われる。

【0037】つまり、もし、エッジの位相を進める第1の状態又は遅らせる第2の状態だけが長く続いた場合には、再生時において、クロックを抽出するPLL(Phase Locked Loop)がそのように偏った位相変調後のエッジ位置に追従することとなり、位相誤差信号が消失してしまうので、位相変調成分の検出感度が低下してしまう。しかし、本装置100では、PE変調信号Eでジッタ変調が行なわれているので、そのような問題の発生が

回避される。

【光ディスク再生装置】次に、以上のようにして秘密鍵が記録されたDVDに対応する再生装置について説明する。

【0038】図9は、本発明に係る光ディスク再生装置110の特徴的な部分についての構成を示すブロック図である。なお、本図に示された主な信号H、Iの波形は、図2のタイミングチャートに示される通りである。本装置110は、上記光ディスク記録装置100に対応するDVD再生装置であり、DVD上の記録マークの位置に基づいて主デジタル情報を再生するだけでなく、そのときに観測される記録マークのジッタに埋もれた副デジタル情報（秘密鍵）を検出し、その検出結果に基づいて著作権を保護するための動作を行なう機能を有し、再生ヘッド11、再生チャンネル12、再生信号処理回路13、クロック抽出器14、同期検波器15、検証部16及び擬似乱数発生器17を備える。

【0039】再生ヘッド11は、光ピックアップであり、回転するDVD9上の記録マークに光ビームを集光して照射し、その反射光から、被変調記録マークGのエッジ位置を示すアナログの読み出し信号を生成して再生チャンネル12に出力する。再生チャンネル12は、再生ヘッド11からのアナログの読み出し信号を波形等化したり整形したりすることによってデジタルの読み出し信号に変換し、再生信号処理回路13とクロック抽出器14に出力する。

【0040】クロック抽出器14は、再生チャンネル12からの読み出し信号に基づいて、4種類のクロック信号、即ち、(i) チャンネルコードを構成する各ビットに同期したチャンネルビットクロック、(ii) そのチャンネルビットクロックを基準とした場合の読み出し信号の進み成分だけを示す進相誤差信号H、(iii) 同様に、その遅れ成分だけを示す遅相誤差信号I、及び、(iv) 読み出し信号における各記録データ（バイト単位）に同期したバイトクロックを抽出して生成し、それぞれ、(i) 再生信号処理回路13、(ii) 同期検波器15、(iii) 同期検波器15、(iv) 再生信号処理回路13、同期検波器15及び擬似乱数発生器17に出力する。

【0041】図10は、クロック抽出器14の詳細な構成を示すブロック図である。クロック抽出器14は、位相比較器14a、ループフィルタ14b及びVCO (Voltage Controlled Oscillator) 14cからなるPLL回路と、4ビットカウンタ14dと、同期信号検出器14eと、位相誤差信号分離器14fとから構成される。

【0042】位相比較器14aは、カウンタ、排他的論理和ゲート及びフリップフロップ等からなり、VCO 14cからフィードバックされて入力されるチャンネルビットクロックと再生チャンネル12からの読み出し信号とから、その読み出し信号の立ち上がり及び立ち下がりエッジとそのエッジに最も近いチャンネルビットクロックの立

ち上がりエッジとの位相差を算出し、位相誤差信号としてループフィルタ14b及び位相誤差信号分離器14fに出力する。

【0043】ループフィルタ14bは、位相比較器14aからの位相誤差信号を平滑化し、直流の電圧信号に変換するローパスフィルタである。VCO 14cは、ループフィルタ14bからの電圧信号に対応する周波数のチャンネルビットクロックを生成する電圧制御発振器である。同期信号検出器14eは、読み出し信号に含まれる同期パターンを検出し、リセット信号として4ビットカウンタ14dに出力する。4ビットカウンタ14dは、VCO 14cからのチャンネルビットクロックを1/16に分周するカウンタであり、同期信号検出器14eからのリセット信号によってリセットされる。つまり、4ビットカウンタ14dは、読み出し信号における各記録データ（バイト単位）に同期したバイトクロックを出力する。

【0044】位相誤差信号分離器14fは、位相比較器14aからの位相誤差信号を進相誤差信号Hと遅相誤差信号Iとに分離し、同期検波器15に出力する回路である。図11は、位相誤差信号分離器14fの詳細な構成を示す回路図である。位相誤差信号分離器14fは、2個のインバータ30a、bと2個の論理積ゲート30c、dとから構成される。

【0045】図12は、図11に示された位相誤差信号分離器14fの動作を説明するための各信号のタイミングチャートである。位相比較器14aから出力される位相誤差信号には進相誤差成分と遅相誤差成分とが含まれるが、これら位相誤差信号H、Iがチャンネルビットクロックに同期して分離されるので、論理積ゲート30cから出力される信号（進相誤差信号H）は進相誤差成分だけを示し、論理積ゲート30dから出力される信号（遅相誤差信号I）は遅相誤差成分だけを示す波形となる。

【0046】再生信号処理回路13は、再生チャンネル12からの読み出し信号を復調したり、副デジタル情報の検出のための制御やその検出結果に基づく著作権保護のための動作を行なったりする回路である。図13は、再生信号処理回路13の詳細な構成を示すブロック図である。再生信号処理回路13は、復調部13a、出力ゲート13b及び初期値記憶部13cから構成される。

【0047】復調部13aは、光ディスク記録装置100の変調部1aに対応する復調回路であり、クロック抽出器14からのチャンネルビットクロックに同期して再生チャンネル12からの読み出し信号をサンプリングすることによりチャンネルコードAに復調した後に、クロック抽出器14からのバイトクロックに同期して各チャンネルコードに対応する8ビットの記録データに変換（16to8変換）し、その記録データ列を出力ゲート13bに送る。

【0048】出力ゲート13bは、著作権保護のための

バッファゲートであり、検証部16からのイネーブル信号(DVD9に正規の秘密鍵が記録されていることを確認できた旨の通知)が入力されている間だけ、復調部13aからの記録データ列を通過させ、再生信号として外部に出力する。初期値記憶部13cは、光ディスク記録装置100の初期値記憶部1bと同一の値(15ビットの初期値)を予め秘密に記憶するレジスタであり、秘密鍵の読み出し(以下、このような動作を「秘密鍵読み出しモード」という。)を開始した旨の通知を図示されていないコントローラから受けた場合に、その初期値を擬似乱数発生器17に出力する。

【0049】擬似乱数発生器17は、光ディスク記録装置100の擬似乱数発生器2と同一の機能を有し、初期値記憶部1bからの初期値をプリセット値とし、クロック抽出器14から入力されるバイトクロックをシフトクロックとして、2の15乗個のビット系列を1サイクルとする擬似乱数系列(M系列)を生成する。本装置110においては、256×56ビットの擬似乱数系列を生成するために用いられている。

【0050】同期検波器15は、クロック抽出器14から出力された進相誤差信号H及び遅相誤差信号Iと擬似乱数発生器17からの擬似乱数系列との間の相関性を検出する回路であり、各擬似乱数(1ビット)毎の結果

(正の相関性あり、負の相関性あり、相関性なし)を検証部16に伝える。図14は、同期検波器15の詳細な構成を示す回路図である。同期検波器15は、PE変調器15a、セクタ15b、積分器15c、しきい値判定部15d及び8ビットカウンタ15eから構成される。

【0051】PE変調器15aは、光ディスク記録装置100のタイミング生成器3とPE変調器5それぞれに対応する機能を併せ持つ変調器であり、クロック抽出器14からのバイトクロックに基づいて擬似乱数発生器17からの擬似乱数系列をPE変換し、切り換え制御信号としてセクタ15bに出力する。つまり、擬似乱数発生器17からの擬似乱数が0の場合には再生された読み出し信号における各記録データ(バイト)の中央のタイミングにおいて立ち下がり、擬似乱数が1の場合には立ち上がり、同じ乱数値が続く場合には各記録データの境目でもう一度反転するような波形の信号をセクタ15bに出力する。

【0052】セクタ15bは、2個の2入力1出力切替回路からなり、クロック抽出器14からの進相誤差信号H及び遅相誤差信号Iそれぞれを、PE変調器15aからの制御信号が“1”のときには積分器15cの正入力端子及び負入力端子に通過させ、“0”のときにはクロスさせて積分器15cの負入力端子及び正入力端子に通過させる。

【0053】8ビットカウンタ15eは、クロック抽出器14からのバイトクロックを1/256に分周するカ

ウンタであり、その結果をリセット信号として積分器15c、しきい値判定部15d及び検証部16に出力する。従って、このリセット信号は、擬似乱数発生器17が256ビットの乱数系列を出力することに1回のリセットパルスを出力する波形となる。

【0054】積分器15cは、差動入力バイポーラ出力のアナログ積分器であり、正入力端子に入力されたパルスの面積を加算して蓄積すると並行して、負入力端子に入力されたパルスの面積を減算して蓄積し、蓄積された合計面積に相当するアナログ信号をしきい値判定部15dに出力する。このとき、8ビットカウンタからリセット信号が入力された場合には、再びゼロから蓄積していく。

【0055】その結果、この積分器15cの出力波形は、PE変調器15aから出力されるPE変調信号が1である期間においては、進相誤差信号Hに現れたパルスの面積を加算して蓄積する共に遅相誤差信号Iに現れたパルスの面積を減算して蓄積し、PE変調信号が0である期間においては、進相誤差信号Hに現れたパルスの面積を減算して蓄積する共に遅相誤差信号Iに現れたパルスの面積を加算して蓄積した場合の蓄積面積を示す。

【0056】従って、PE変調信号が1である期間において進相誤差信号Hにのみパルスが現れ、かつ、PE変調信号が0である期間において遅相誤差信号Iにのみパルスが現れる正の相関性が続く場合には、積分器15cの出力波形は正方向に増加するランプ波形となり、逆に、PE変調信号が1である期間において遅相誤差信号Iにのみパルスが現れ、かつ、PE変調信号が0である期間において進相誤差信号Hにのみパルスが現れる負の相関性が続く場合には、積分器15cの出力波形は負方向に減少していくランプ波形となる。また、いずれの相関性も存在しない場合、即ち、PE変調信号の値に依存しないでランダムに進相誤差信号H及び遅相誤差信号Iにパルスが現れる場合には、それら誤差信号に現れる両パルスの出現頻度が略等しくなるので、積分器15cの出力波形はゼロレベルに近い値が維持される。

【0057】しきい値判定部15dは、積分器15cからのアナログ信号が、予め設定された正のしきい値電圧と負のしきい値電圧で区切られる3つの電圧区間のいずれに属するか判定するコンパレータ等からなる。図15は、しきい値判定部15dの動作を説明するための図であり、積分器15cからしきい値判定部15dに入力されるアナログ信号波形の例を示す。しきい値判定部15dは、8ビットカウンタ15eからリセット信号が入力された時点(直前)において、(i)積分器15cからの信号電圧が上記正のしきい値より大きい場合には1とし、負のしきい値より小さい場合には0とするNRZフォーマットの符号列を検証部16に出力すると共に、

(ii)積分器15cからの信号電圧がそれら両しきい値の間に属する場合には、その旨を示すバイオレンス信号

を検証部16に通知する。

【0058】なお、上記しきい値電圧は、本発明に係るジッタ変調が行われている場合においては確実に（極めて高い確率で）越えるが、そうでない場合には越えることがない（極めて確率が低い）ような積分器15cの出力電圧値に設定されており、その具体的な値は、記録時におけるジッタ変調（位相変調器6の遅延器6aの遅延量）、積分器15cに入力するバイト数（256）、バイト当たりの平均エッジ数、自然な（ランダムに生じる）ジッタ分布における標準偏差などによって決定される。

【0059】このように、しきい値判定部15dから出力される符号列は、256ビットの擬似乱数毎に観測された相関性の極性（正又は負）の変化を示す。このような極性の変化は、256ビットの擬似乱数系列毎に、それら擬似乱数系列が論理反転しないでジッタ変調により記録されたか論理反転した後に記録されたかを示すビット列に対応する情報である。

【0060】検証部16は、同期検波器15から送られてくる符号列及びバイオレンス信号に基づいて、いま読み出されているDVD9が正規の光ディスク記録装置100によって記録された媒体であるか否かを検証し、肯定的に判定できた場合にのみ、その旨を示すイネーブル信号を再生信号処理回路13に出力する。図16は、検証部16の詳細な構成を示すブロック図である。検証部16は、秘密鍵記憶部16a、シフトレジスタ16b、一致比較部16c及び出力ラッチ部16dから構成される。

【0061】秘密鍵記憶部16aは、光ディスク記録装置100の秘密鍵記憶部1cと同一の56ビットの秘密鍵を予め記憶するレジスタである。シフトレジスタ16bは、クロック抽出器14からのリセット信号をシフトクロックとして同期検波器15からの符号列をシフトさせながら記憶する56段（ビット）のシフトレジスタである。

【0062】一致比較部16cは、シフトレジスタ16bに56ビットの符号列が入力された直後において、その符号列と秘密鍵記憶部16aに保持されている56ビットの秘密鍵とが完全に一致するか否かを比較し、その結果を出力ラッチ部16dに通知する。出力ラッチ部16dは、同期検波器15からバイオレンス信号が通知されず、かつ、一致比較部16cから完全一致した旨の通知が送られてきた場合にのみ、再生信号処理回路13にイネーブル信号を出力する。つまり、擬似乱数発生器17から同期検波器15に入力される256ビットの擬似乱数系列と読み出し信号に含まれる位相誤差信号との間に正又は負の相関性が存在することが連続して56回（ 256×56 ビットの擬似乱数系列について）確認され、かつ、そのときの相関性の極性の変化が秘密鍵記憶部16aに格納されている56ビットの秘密鍵と一致する場合

合においてのみ、検証部16から再生信号処理回路13にイネーブル信号が出力される。

【0063】このようにして秘密鍵読み出しモードが終了し、その時点において、検証部16から再生信号処理回路13にイネーブル信号が出力されている場合には、そのDVD9は正規の光ディスク記録装置100によって秘密鍵が埋め込まれた媒体であると判断し、再生信号処理回路13は、再生チャネル12からの読み出し信号を復調して得られる再生信号を外部に出力する。一方、検証部16から再生信号処理回路13にイネーブル信号が出力されてこない場合には、そのDVD9は正規の光ディスク記録装置100によって秘密鍵が埋め込まれた媒体ではないと判断し、再生信号処理回路13は、著作権保護のために、再生信号を外部に出力しない。

【0064】これによって、秘密鍵の埋め込みが確認できないDVD9については、不正に記録データが読み出されてしまうことが防止される。従って、秘密鍵を含む正規のDVDをデッドコピーすることによって新たなDVDを作成しても、ジッタ変調によって埋め込まれていた秘密鍵も一緒にコピーされない限りは、そのDVDは、本装置110によって再生されることが禁止され、著作権が保護される。

（第2の実施の形態）以下、本発明の第2の実施の形態について図面を用いて説明する。

【光ディスク記録装置】図17は、本発明に係る光ディスク記録装置200の特徴的な部分についての構成を示すブロック図である。なお、本図に示された主な信号B、D、Eの波形は、図18のタイミングチャートに示される通りである。また、二重線で囲まれたブロックは、その構成要素が秘密状態で実装されていることを示す。

【0065】本装置200は、光ディスクのトラック上の離散的な基準位置に記録マークを形成することによって主デジタル情報を記録するだけでなく、そのときの記録マークの位置をDVD9のラジアル方向（内周側及び外周側の少なくとも1つ）にずらして形成する（以下、ラジアル方向に位置をずらして記録マークを形成することを「ラジアル変調」という。）ことによってウォータマーク等の隠し情報（ここでは、56ビットの秘密鍵）を副デジタル情報として主デジタル情報に埋め込みながら同時に記録していく機能を有するDVD-ROM用の記録装置であり、フォーマット1、擬似乱数発生器2、タイミング生成器3、排他的論理和ゲート4、PE変調器5、ラジアル変調器18、トラッキングアクチュエータ19、記録チャネル7及び記録ヘッド8を備える。

【0066】なお、第1の実施の形態と同一の構成要素については、同一の符号を付している。以下、第1の実施の形態と異なる箇所を中心に説明する。ラジアル変調器18は、PE変調器5からのPE変調信号Eに基づいて、一定の微小量だけ記録ヘッド8をDVD9の内周側

又は外周側に変位させるための信号を生成し（ラジアル変調を行い）、トラッキングアクチュエータ19に出力する。これによって、チャンネル信号Bに同期して形成される記録マークは、DVD9のトラック中心から内周側又は外周側に一定の微小量だけ変位した位置にカットインされる。

【0067】なお、上記微小量は、主デジタル情報だけを記録した通常のDVD9が通常の再生装置でプッシュプル再生された場合に観測されるラジアルエラー（ラジアル方向における、ピット形成位置のトラック中心からのずれ）の範囲内（つまり、ノイズ振幅程度以下の振幅で変動するように）予め設定されている。具体的には、記録ヘッド8のレーザビームの波長を λ （例えば、 $0.65\mu\text{m}$ ）、レンズの開口率をNA（例えば、 0.6 ）とした場合に、 λ/NA で決定されるビームスポットの2%以下の値（例えば、 $0.01\mu\text{m}$ ）となるように設定されている。

【0068】このラジアル変調器18は、PE変調信号Eが“1”を示しているときには、トラック中心に対して上記微小量だけ記録ヘッド8を内周側に変位させ、PE変調信号Eが“0”を示しているときには、上記微小量だけ外周側に変位させる。第1の実施の形態では、位相変調器6が、記録マークの長さを決定づける2つのエッジそれぞれの位置をシフトさせるのに対して、第2の実施の形態では、このラジアル変調器18が、記録マークの位置（言い換えれば、記録マークの幅を決定づける2つのエッジの位置）をラジアル方向にシフトさせ、副デジタル情報を記録する。

【0069】記録チャンネル7は、チャンネル信号Bの1/0に同期してDVD9に露光させるレーザビームをON/OFFさせる制御信号を生成し記録ヘッド8に送る。記録ヘッド8は、記録チャンネルからの制御信号とラジアル変調器18からトラッキングアクチュエータ19への駆動信号とに基づいて、レーザビームをON/OFFさせる共にラジアル方向に微小量だけ変位させながら、回転するDVD9の表面に螺旋状にビームスポットを当てていくことにより、カットインしていく。

【0070】このようにして、図18のタイミングチャートに示されるように、光学的に読み取り可能な凹又は凸のピットからなる被変調記録マークFがDVD9に形成される。図18に示された標準記録マークCと被変調記録マークFとを比較して分かるように、この光ディスク記録装置200によって形成される被変調記録マークFは、通常の標準記録マークCの一部又は全部がラジアル方向に変位したものに等しい。

【0071】図19は、このようなピット（記録マーク）が形成されたDVD9記録膜の表面の様子を示す。秘密鍵記録モードにおいて形成されたピットのラジアル方向における位置は、秘密鍵記録モードでない場合に形成されるピットの位置に対して、上記微小量に相当する

変位量だけ内周側（又は外周側）にずれている。なお、微小量は、上述したように、再生時に観察されるノイズに埋もれる量であり、実際には、本図に示されるほど顕著にずれた位置にピットが形成されるものではない。つまり、図18に示される被変調記録マークFの形状やラジアルエラー信号Gの波形、図19に示されるピットの形状や変位等は、実際のものよりも誇張して描かれている。

【0072】図20は、このような秘密鍵記録モードにおいて形成されたピット、即ち、ラジアル変調を受けて記録された被変調記録マークFについて観測されるラジアルエラーの頻度（度数）分布を示すグラフである。曲線221は、PE変調信号Eが“0”のときに生成された被変調記録マークFだけについてのラジアルエラー分布（ばらつき）を示し、上記変位量だけ内周側にずれた位置X（L）を最大頻度とするガウス曲線に近い曲線となる。曲線222は、PE変調信号Eが“1”のときに生成された被変調記録マークFだけについてのラジアルエラー分布を示し、上記変位量だけ外周側にずれた位置X（H）を最大頻度とするガウス曲線に近い曲線となる。曲線223は、それら両曲線221及び222を足し合わせた全体のラジアルエラー分布を示す。

【0073】本発明は、秘密鍵の記録時に用いられた擬似乱数系列と同一の擬似乱数系列で同期検波するならば、第1の実施の形態と同様、曲線223のラジアルエラー分布を曲線221と曲線222それぞれの分布に分離し得ることを利用している。以上のように、本装置200によって56ビットの秘密鍵が埋め込まれたDVDは以下の性質を有する。

【0074】秘密鍵は、記録マークの位置をトラックの進行方向と直交する方向（ラジアル方向）に微小量だけずらすというラジアル変調によって記録されているので、単にプッシュプル検出しただけでは、ノイズに埋もれた情報を読み出す機能を持たない通常の再生装置によっては、その秘密鍵を読み出すことはできない。従って、通常の再生装置を用いて、このような秘密鍵が記録されたDVDの全ての内容をそっくりそのまま読み出した後に他のDVDに記録したとしても、元の主デジタル情報だけがコピーされ、ノイズに埋もれて記録されていた副デジタル情報（秘密鍵）はコピーされることがない。これによって、オリジナルのDVDと不正にコピーされたDVDとを区別することが可能となるので、例えば、再生装置において、秘密鍵が含まれたDVDの再生だけを許可する機構を設けることで、海賊版のDVDが出回ることによる著作権の侵害を回避することが可能となる。

【0075】また、本装置200は、56ビットの秘密鍵をそのままDVDに記録するのではなく、秘密鍵の各ビットに256ビットの乱数系列を対応させ、それら乱数系列をDVDに記録している。つまり、ノイズに埋も

れた情報は、秘密鍵のビット系列ではなく、秘密にされた乱数系列なので、その解読は困難であり、情報の秘匿化が高くなる。

【0076】さらに、本装置200は、乱数系列によって直接に、チャネル信号Bに対応する記録マークをラジアル変調するのではなく、乱数系列を一旦PE変換して得られるPE変調信号Eによって、チャネル信号Bに対応する記録マークをラジアル変調しているの、1バイトの記録データ（1個のチャネルコード）ごとに、記録マークを内周側に変位させる変調（1）と外周側に変位させる変調（0）とが等しい確率で行われることとなり、再生時においては安定したプッシュプル検出が行われる。

【0077】言い換えれば、両変位が等確立で発生しない場合、プッシュプル信号（通常はトラッキングサーボ検出に使用）にオフセットが発生し、結果的にトラッキングセンターからずれた位置にサーボがかかることになる。さらに、トラッキングセンターからずれた位置にサーボがかかると、ラジアルエラー信号（ラジアル方向における、記録マークの位置のトラック中心からのずれ量を示す信号）の振幅が小さくなり、ラジアル変調成分の検出感度が低下してしまう。しかし、本装置200では、PE変調信号Eでラジアル変調が行なわれているので、そのような問題の発生が回避される。

【0078】なお、この第2の実施の形態においてラジアル方向の変位を発生させるにあたってPE変調器5を用いるとしたが、PE (Phase Encoding) とはそもそも位相すなわちジッタ方向の変位を与えることを意味するのであって、この第2の実施の形態のようにジッタ方向に対し垂直であるラジアル方向の変位を与えるといったものを本来意味するものではない。しかし、この第2の実施の形態において、第1の実施の形態で用いたPE変調器5と同じ構成の回路を用いてラジアル方向の変位を実現できるといった意味で、第1の実施の形態と同じ文言を用いて説明している。

【0079】また、本発明の光ディスク記録装置の第1及び第2の実施の形態において、PE変調信号は“0”と“1”との2値をとると記載したが、PE変調信号の“0”はPE変調がかかっていない場合、つまり著作権保護情報を入れない場合を含んではいない。すなわち、著作権保護情報を入れないトラックを形成する場合は、ビットエッジがジッタ方向又はラジアル方向へ一切変位しないようにする必要があり、第3の値（例えば“Z”）が必要となる。

〔光ディスク再生装置〕次に、以上のようにして秘密鍵が記録されたDVDに対応する再生装置について説明する。

【0080】図21は、本発明に係る光ディスク再生装置210の特徴的な部分についての構成を示すブロック図である。なお、本図に示されたラジアルエラー信号G

の波形は、概念的には、図18のタイミングチャートに示される通りである。ただし、上述のように、このラジアルエラー信号Gは、実際には、ノイズに埋もれているため、図18に示される波形のように顕著には検出されない。

【0081】本装置210は、上記光ディスク記録装置200に対応するDVD再生装置であり、DVD上のトラック方向における記録マークの位置に基づいて主デジタル情報を再生するだけでなく、そのときに観測されるラジアルエラー信号のノイズに埋もれた副デジタル情報（秘密鍵）を検出し、その検出結果に基づいて著作権を保護するための動作を行なう機能を有し、再生ヘッド11、再生チャンネル12、再生信号処理回路13、クロック抽出器14、同期検波器15、検証部16、擬似乱数発生器17及びラジアルエラー検出器20を備える。

【0082】再生ヘッド11は、光ピックアップであり、回転するDVD9上の記録マークに光ビームを集光して照射し、その反射光から、被変調記録マークFのラジアル方向におけるトラック中心からの変位量を示すラジアルエラー信号Gを生成してラジアルエラー検出器20に出力する。図22は、再生ヘッド11のうちラジアルエラー信号Gの生成に関わる部分の詳細な構成を示すブロック図である。再生ヘッド11において、半導体レーザ11aから出射された光ビームは、光学系11bで平行光となり、対物レンズ11dを通過した後に光ビームスポットとして集光されてDVD9に照射される。

【0083】DVD9によりラジアル方向に反射回折された反射光は、対物レンズ11dを通過し、平行光となって光学系11b内で入射光と分離され、分割された2つの光検出素子11eに照射され、被変調記録マークFの内周側及び外周側変位量を示す2つの電気信号に変換される。そして、それら2つの電気信号は、差動演算器11fに入力され、それら電気信号が示す両変位量の差を示すラジアルエラー信号Gとなり、ラジアルエラー検出器20に出力される。

【0084】ラジアルエラー検出器20は、光ディスク記録装置200が有していたラジアル変調器18に対応する復調器であり、再生チャンネル12からのデジタル読み出し信号を同期信号として、再生ヘッド11から送られてきたラジアルエラー信号Gから、被変調記録マークFの記録位置がトラック中心からラジアル方向の内周側又は外周側のいずれに変位しているかを示す内周側変位信号H及び外周側変位信号Iを復調し、同期検波器15に出力する。ここで、もし、通常のノイズ（ラジアル変調を施していない場合のラジアルエラー）が存在しないならば、内周側変位信号H及び外周側変位信号Iは、それぞれ、図18のタイミングチャートに示されるように、被変調記録マークのうち、トラック中心から内周側及び外周側にずれている箇所（部分又は全体）を示すロジック信号となる。

【0085】図23は、ラジアルエラー検出器20の詳細な構成を示すブロック図である。ラジアルエラー検出器20は、LPF（ローパスフィルタ）20a、2個のコンパレータ20b、20c、2個の出力ゲート20d、20e、直流成分抽出部20f等から構成される。直流成分抽出部20fは、再生ヘッド11から出力されたラジアルエラー信号Gから、トラック中心を示す直流成分を抽出し、それに基づいて、コンパレータ20b、20cへの比較基準電圧を作るための2つの基準電圧（±V）を生成する。

【0086】ラジアルエラー検出器20に入力されたラジアルエラー信号Gは、LPF20aによって高周波ノイズがカットされた後に、2つのコンパレータ20b、20cに入力され、正負2つの比較基準電圧を超える振幅を有するか否かが判定される。コンパレータ20b、20cの比較基準電圧は、被変調記録マークFの記録位置がトラック中心から内周側又は外周側に有意に変位していると判定するためのしきい値、例えば、トラック中心から±0.005μmだけずれた位置に相当する電圧に設定されている。これによって、例えば、記録マークの位置がトラック中心から上述の微小量（±0.01μm）だけ変位していることが検出される。

【0087】出力ゲート20d、20eは、再生チャンネル12によって被変調記録マークFが検出されている時間だけ、コンパレータ20b、20cの出力を通過させるゲートである。本装置210におけるクロック抽出器14は、再生チャンネル12からの読み出し信号に基づいて、2種類のクロック信号、(i) チャンネルコードを構成する各ビットに同期したチャンネルビットクロック、(ii) 読み出し信号における各記録データ（バイト単位）に同期したバイトクロックを抽出して生成し、それぞれ、(i) 再生信号処理回路13、(ii) 再生信号処理回路13、同期検波器15及び擬似乱数発生器17に出力する。

【0088】再生信号処理回路13、擬似乱数発生器17、同期検波器15及び検証部16は、第1の実施の形態で説明した機能を有する回路である。同期検波器15は、ラジアルエラー検出器20から出力された内周側変位信号H及び外周側変位信号Iと擬似乱数発生器17からの擬似乱数系列との間の相関性を検出する回路であり、各擬似乱数（1ビット）毎の結果（正の相関性あり、負の相関性あり、相関性なし）を検証部16に伝える。

【0089】第1の実施の形態では、副デジタル情報（鍵情報）を、位相変調によって記録マークのトラック方向におけるエッジ位置の変位として埋め込んだのに対して、第2の実施の形態では、ラジアル変調によって記録マークのラジアル方向への記録位置の変位として埋め込むことを特徴としているため、第1の実施の形態における位相誤差信号（進相誤差信号と遅相誤差信号）が、

第2の実施の形態におけるラジアルエラー信号（内周側変位信号と外周側変位信号）に対応すると考えれば、第1の実施の形態と同様の著作権保護システムが実現される。

【0090】第1の実施の形態に比べ、第2の実施の形態が優る点の1つは、より低速の回路を用いて、より安価に、ほぼ同等の機能を実現できるところにある。すなわち、第1の実施の形態では、ジッタの変動量を検出するための位相誤差信号分離器14f等の動作から分かるように、これら回路は、少なくともチャネルクロックレートで動作する必要があり、しかも、時間軸方向に高精度が要求される。

【0091】一方、第2の実施の形態では、これらに代えて、単に差動アンプの変形である差動演算器11fやラジアルエラー検出器20が用いられていることから分かるように、これら回路は、被変調記録マークFの出現頻度、つまり、チャネル信号のレートで動作すれば済む。以上、本発明のジッタ変調及びラジアル変調に係る記録媒体や記録再生装置について、第1及び第2の実施の形態に基づいて説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限られないことは勿論である。

【0092】例えば、第1及び第2の実施の形態では、56ビットの1個の秘密鍵に対応して論理反転させた256×56ビットの擬似乱数系列が、56バイトの連続する記録データに埋め込まれたが、本発明は、このような数値に限定されるものではない。ECCブロック、セクタ、フレーム等の物理的な記録構造に関連したバイト数や特定領域の記録データに対して、1種類だけでなく2種類以上の初期値から始まる擬似乱数系列を複数の領域に埋め込む方式とすることもできる。

【0093】また、第1及び第2の実施の形態では、正当なDVD9であると確認されるためには、256バイトごとに位相誤差信号と擬似乱数系列との間に正又は負の相関性が存在することが56回連続することが条件とされたが、例えば、56回中の50回以上とすることもできる。ジッタやラジアルエラーの分布は、図8や図20に示されるように、ある程度の広がりを持つので、相関性の判断に用いるパルスの個数やジッタ変調度、ラジアル方向の変位量等によっては、ある程度の広がりを持つ判断基準によって有意な相関関係の存否を判断するほうが適切な場合もあり得るからである。

【0094】また、第1及び第2の実施の形態では、同期検波器から出力される符号列と秘密鍵との一致が所定数以下の場合に主デジタル情報の再生制限を行なう構成としたが、秘密鍵を用いずとも、同期検波器において積分された位相誤差信号又は変位信号と、単に所定のしきい値との大小比較の結果、しきい値を越えた場合には擬似乱数系列との相関が強いと判断し、再生制限を行なう構成とすれば、より簡単な構成で、ある程度の実施効果を得ることが可能である。

【0095】また、第1及び第2の実施の形態では、位相誤差信号及び変位信号の同期検波において、パルス面積をアナログ的に積分することによって相関性を判定したが、回路を簡易化するために、単にそれらの個数を加算及び減算しながらカウントしていくデジタル方式に替えてもよい。また、本発明に係るジッタ変調及びラジアル変調は、DVD9のユーザ情報領域9aに記録する記録データに対して適用できるだけでなく、制御情報領域9bに格納する秘密鍵に対しても適用することができるので、上述の従来技術のコンテンツ暗号と重畳させて用いることも可能である。例えば、制御情報領域9bに格納しておくディスク鍵やタイトル鍵の記録に際して本発明に係るジッタ変調やラジアル変調を施しておくことにより、従来のコンテンツ暗号による記録内容（デジタル情報）を一切変更することなく、海賊版の製造等の不正コピーに対する著作権保護を強化することが可能となる。

【0096】また、第1及び第2の実施の形態では、光ディスク再生装置は、DVD9に埋もれた秘密鍵の存在を検証することができた場合のみ復調後の再生信号を出力したが、本発明は、このような検証結果の利用形態に限定されるものではない。例えば、DVD9の正当性が検証できなかった場合には、そのDVD9の特定領域に記録されたタイトルだけの再生を許可する等の利用形態であってもよい。

【0097】また、第1及び第2の実施の形態では、副デジタル情報として用いられる秘密鍵は、光ディスク記録装置100及び光ディスク再生装置110それぞれに予め格納されていたが、ユーザからの指示や外部機器との秘密通信によって書き換えられる構成としてもよい。また、第1及び第2の実施の形態では、本発明に係るジッタ変調は副デジタル情報を秘匿化して光ディスクに埋め込む用途に利用されたが、本発明はこのような秘匿化の用途に限定されるものではない。例えば、音声情報（副デジタル情報）を画像情報（主デジタル情報）に重畳させて記録媒体に書き込むなど、種類の異なるデジタル情報を分離再生可能な状態で記録し、それによって記録密度を向上させる非暗号用途に利用してもよい。

【0098】また、第2の実施の形態では、ラジアル変調のためにトラッキングアクチュエータ19が用いられたが、これに代えて、AO (Acoustic Optical) 偏向素子を用い、レーザビームをラジアル方向に微小量だけ内周側又は外周側に偏向させてもよい。

（第3の実施の形態）以下、図面を参照しながら第3の実施の形態について説明する。

【0099】図24は、本発明の第3の実施形態に係る光ディスク311の構成図である。この光ディスク311上に、コピーガード情報312が記録されている。その部分は、基準クロックを局所的に位相変調し、その位相変調したクロックのタイミングで、ビット及びランド

列としてデータを記録する。すなわち、光ディスク311上に、部分的に基準チャネルクロックから適度にずれて記録されたデータ列が存在する。その部分は、基準クロックから位相がずれているので、再生する場合、ジッタ値が大きい部分として検出される。

【0100】この第3の実施の形態では、再生時にジッタとして観測される範囲内で、基準クロックの位相をずらすことによって副デジタル情報（コピーガード情報312）を埋め込んでいる点で、第1の実施の形態と共通するが、そのずれ量がノイズに埋もれるほど微小ではない点で、第2の実施の形態と異なる。図24において領域Aは通常の基準クロックで記録された部分を、領域Bは位相変調されたクロックで記録された部分を表す。その部分を拡大したものを図25に示している。

【0101】図25における領域A及び領域Bのビット321は、3T単一信号が記録された場合である。縦の波線は、基準チャネルクロックタイミングを示している。基準クロックタイミングで記録された領域Aにおけるビットは、ビット及びランドの始端と終端の位置が、チャネルクロックタイミングと同期がとれるよう記録されている。それに対し、位相変調されたクロックタイミングで、記録された領域Bにおけるビットまたはランドは始端または、終端の位置がチャネルクロックの立ち上がり、立ち下がり位置と部分的に位相誤差を持って形成される。

【0102】位相変調の方法としては、例えば、図25に示すように、両エッジ左シフトa、拡大シフトb、縮退シフトc、両エッジ右シフトd、といったように順次所定量の位相シフトを加える方法がある。そのほか、片方右シフト、片方左シフトなど、位相変調されたクロックの位相偏移に関連した位相偏移があると考えられる。また、クロック信号を所定の分散値で規定されるランダムノイズによって位相変調する方法も考えられる。いずれにせよ、部分的にこれらのエッジシフトがあるため、領域Bの部分は、ジッタが増大し、そのジッタ値の偏移に対応させてコピーガード情報を付加することができる。

【0103】図26は、コピーガード情報をジッタ値から検出するための識別情報検出手段を具備した光ディスク装置のブロック図である。光ディスクから再生ヘッドを介して読みとられた再生信号HFは、コンパレータ331で二値化され、この二値化信号PSGは、システム基準クロックを生成するためのPLL (phase lock loop) 回路332に供給される。さらに、PLL回路332は再生クロックCKを生成し、フリップフロップ334はこれにより二値化信号PSGを同期化し、再生信号DATが生成される。

【0104】図27に再生信号HFのアイパターンの一例を示している。図24に対応させて、基準クロックタイミングで記録された領域Aを再生した信号からは、再

生チャネルのノイズや波形歪みなどによって生じる多少のジッタを持ったアイパターンが得られる。これに対して、位相変調されたクロックタイミングで、記録された領域Bを再生した信号からは、アイの位相が部分的にずれることから、領域Aの信号に比べてさらに再生信号ジッタは大きくなる。

【0105】PLL回路332において、位相比較器332aは、電圧制御型発振回路(VCO)332cより出力される再生クロックCKと再生信号HFとを位相比較し、位相比較結果を出力する。ローパスフィルタ(LPF)332bは、この位相差結果を帯域制限して位相誤差信号を生成する。電圧制御型発振回路(VCO)332cは、この位相誤差信号に応じて、再生クロックCKを生成する。

【0106】ここで、光ディスクに信号を記録する際の上記位相変調による変動が、PLL回路332の追従動作帯域を越えていれば、PLL回路332で生成されるクロックCKは、この部分的に位相変調されたクロックに追従しない。さらにこのとき、記録側で加えられる位相変動は、PLL回路332の追従帯域外の期間での位相誤差の平均値が0でなくてはならない。すなわち、記録側で位相変調する場合、PLL回路332が応答しない周波数帯域でかつ位相誤差の平均値が0になるように、図25で示したエッジシフトのパターンを組み合わせる必要がある。このとき図27に示されるように、LPF332bを通過した位相比較器332aの出力信号はその高域成分がすべて除去され、平坦な信号となる。

【0107】これにより、PLL回路332は、位相変調されたクロックに追従せず、本来の基準クロックからずれようとしないうえ、部分的に位相変調かけた部分では、クロックと信号エッジとの間に位相誤差すなわちジッタが発生する。振幅検出器333は、位相比較器332aの出力信号の振幅すなわちLPF332b通過前の位相誤差信号の振幅(すなわち位相誤差の絶対値)に応じた信号を生成する。図27に、再生信号HFに対応させた再生信号ジッタ検出信号JTの波形を示している。この検出信号JTの変化によりコピーガード情報を識別することができる。

【0108】違法生成されたディスクか否かを判断する方法としては、たとえば、光ディスク作成時において、コントロール情報領域などに、上記ジッタによって記録されたコピーガード情報と一義的な関係にある鍵情報(キーワード)を通常の二値情報として記録しておき、再生時に、再生データから得た上記キーワードと、ジッタ値の変動より検出した識別情報とを比較し、相関がある場合のみ違法であることを判断する方法などがある。

【0109】以下、通常の情報の再生について説明する。上述したように、コンパレータ331で二値化された信号PSGは、PLL回路332で生成した再生クロ

ックCKのタイミングで出力され再生信号DATに変換される。図28は、図26の検出装置における動作説明のためのタイミングチャートである。再生信号HFは、コンパレータ331により二値化信号PSGに変換される。再生信号HFは、部分的に位相ずれ(ジッタ)を起こしているため二値化信号PSGにもジッタが含まれている。先述のように、この二値化信号PSGからシステムの再生クロックを生成するPLL回路では、位相ずれ(ジッタ)に追従せず、位相変動が無いような再生クロックCKを生成する。この再生クロックCKでコンパレータ331出力の二値化信号PSGをフリップフロップ334でラッチすれば、コピーガード情報を含んだジッタが除去された再生信号DATが生成される。

【0110】一方、再生信号から、例えば図29に示された装置を用いて、ディスクを違法複製しようとする場合について説明する。図29において、まず、コピーされる光ディスク361とコピーする光ディスク362のスピンドルモータの回転を完全同期させ、再生ヘッド363を介して、データを読み、再生アンプ364、コンパレータ365を通して、PLL回路366にて再生クロックを生成する。その再生クロックタイミングで、フリップフロップ367で光ディスク361から読み込んだデータを同期化出力し、光変調器368に通じて記録ヘッド369で、光ディスク362に記録する。従来の方法だと、このような装置で、簡単にディジタル化されたコンテンツを複製することができる。

【0111】しかし、この第3の実施の形態の光ディスク及び光ディスク装置を用いれば、再生信号をただ単にコピーするだけでは、上述したように、フリップフロップ367で同期化した際にジッタによって記述されたコピーガード情報が欠落してしまうため、複製されたものは違法な光ディスクとして識別することができる。もっとも、PLL回路366、フリップフロップ367を用いずにコンパレータ365の出力信号を直接記録する方法も考えられる。この場合はジッタの情報は消えることは無い。しかし、再生信号を同期化しない場合は信号再生時に含まれているノイズジッタもそのまま記録されるから、複製によって生成された光ディスクの再生信号のSNが低下し、情報再生時にエラーが頻発することになる。さらに領域Bのように予めジッタを含ませているようなところはさらにジッタが劣化し、特にエラーが発生しやすくなる。

【0112】以上のような構成によれば、局所的にクロックを位相変調してコピーガード情報を記録することによって、通常の光ディスク再生に影響を与えることなく、コピーガード情報を記録することができ、しかも、違法複製時にはその情報を消失させることができ、その結果、違法複製が困難な光ディスクを実現することができ、また、PLLの位相誤差信号の振幅を検出することにより、そのコピーガード情報を容易に識別できる光デ

ディスク装置を実現することができる。

【0113】なお、この第3の実施の形態において、コピーガード情報を記録する際にクロック信号に対して位相変調をかけるようにしたが、結果的に図25の下段に示されるようなジッタを含んだビットが形成できるのであれば、光ディスク作成時において記録情報のビットストリームの上立ち上がりおよび立ち下がりエッジを、例えば遅延量を切り替えるなどして、直接シフトさせるものであっても本発明の趣旨は失われない。

【0114】また、実際に加える位相誤差としては、再生信号のエラーを増加させることなく、しかも、十分な検出感度が得られる量が望ましい。これら2つの条件を満たす量としては1クロック周期の $1/8 \sim 1/4$ 程度が適当と考えられる。また、この第3の実施の形態において、コンパレータ331の機能については特記していないが、本発明の趣旨から、局所的な位相変動に伴う再生信号のレベル変動に追従しないことが要求される。すなわち、例えば図25の下段に示されるような、拡大シフトb、縮小シフトcの場合、再生信号の中心位置が瞬時的に上下する。コンパレータ331が自動追従型である場合、この変動に追従すれば二値化信号PSGのジッタが低減してしまうため、コピーガード情報の識別感度が低下する。したがって、コンパレータ331の追従帯域はPLL回路332の追従帯域と同程度か、あるいはより低く設定しておいたほうがよい。

【0115】また、第1～第3の実施の形態では、対象とする記録媒体はDVD-ROM等であったが、本発明はこのような種類の記録媒体に限られず、CD-ROMやDVD-RAM等にも適用し得る。ビット（記録マーク）の位置をジッタ変調又はラジアル変調によって書き込み可能であるならば、穴あけ方式だけでなく、相転移や磁化などの記録方式を採用する他の種類の記録媒体にも適用することができるからである。

【0116】また、第1の実施の形態はジッタ変調だけを用いた著作権保護システムであり、第2の実施の形態はラジアル変調だけを用いた著作権保護システムであり、第3の実施の形態はノイズ範囲内に限定されない位相変調だけを用いた著作権保護システムであったが、これらの変調を混在させることによって、より多くの副デジタル情報を高い記録密度で光ディスクに埋め込むことが可能なセキュリティの高い著作権保護システムとすることもできる。

【0117】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、主デジタル情報と副デジタル情報が記録された光ディスクであって、前記主デジタル情報は、前記光ディスクのトラック上の離散的な基準位置に形成されるビットの有無によって表現され、前記副デジタル情報は、ビットの位置が前記基準位置に対して微量だけ変位しているか否かによって表現されていることを特徴とする。

【0118】これによって、副デジタル情報は、読み取り困難な態様で主デジタル情報に埋め込まれるので、ビットの有無だけに基づいて光ディスクをコピーした場合には、副デジタル情報はコピーされないで、コピー元の光ディスクであるかコピー後の光ディスクであるかの区別が可能となり、光ディスク上のデジタル著作物がそっくりそのまま不正にコピーされることによる著作権侵害の防止が可能となる。

【0119】ここで、前記微量は、副デジタル情報を含まない主デジタル情報だけが記録された光ディスクの再生時に観測されるビットの前記基準位置についてのばらつきの範囲内としてもよい。これによって、通常の再生装置では、ジッタ又はラジアルエラーに埋もれた副デジタル情報を検出することが極めて困難となるので、副デジタル情報を含めた主デジタル情報のダビングという不正行為が防止される。

【0120】また、前記副デジタル情報は、ビットのトラック方向における長さを決定づけるエッジを、副デジタル情報を含まない主デジタル情報だけを記録する場合におけるビットのエッジ位置に対して一定の前記微量だけ位相を進めた位置及び遅らせた位置のいずれかに形成する位相変調によって記録され、前記微量は、副デジタル情報を含まない主デジタル情報だけが記録された光ディスクの再生時に観測されるビットのジッタの範囲内としたり、前記副デジタル情報は、ビットを、トラック中心からラジアル方向に一定の前記微量だけ内周側に変位させた位置及び外周側に変位させた位置のいずれかに形成するラジアル変調によって記録され、前記微量は、副デジタル情報を含まない主デジタル情報だけが記録された光ディスクの再生時に観測されるビットのラジアルエラーの範囲内としてもよい。

【0121】これによって、ジッタ変調の場合、このような光ディスクの製造に際しては、ビット列に対応するチャネル信号を一定の遅延時間だけ遅延させることをON/OFFしながら副デジタル情報を埋め込んでいけばよいので、そのための位相変調回路は単純化される。同様に、ラジアル変調の場合、記録ヘッドをラジアル方向に微量偏向させさせることをON/OFFしながら副デジタル情報を埋め込んでいけばよい。

【0122】また、前記副デジタル情報が記録されている一定の領域においては、位相を進めた前記位置に記録されたビットのエッジの総数と位相を遅らせた前記位置に記録されたビットのエッジの総数とが略等しいとしたり、前記副デジタル情報が記録されている一定の領域においては、内周側に変位した前記位置に記録されたビットの総数と外周側に変位した前記位置に記録されたビットの総数とが略等しいとしてもよい。

【0123】これによって、ジッタ変調の場合、副デジタル情報の記録のために位相変調されたチャネル信号に含まれる進相成分と遅相成分の量は略等しくなるので、

再生時において、チャネル信号に同期したチャネルビットクロックを安定して抽出することが可能となり、それら位相変調成分の検出感度が向上される。同様に、ラジアル変調の場合、内周側変位分と外周側変位分の量は略等しくなるので、安定してプッシュプル信号が検出され、トラッキングサーボがオフセットを持つことなくかかり、感度よくラジアル変調成分を検出することができる。

【0124】また、前記一定の領域においては、前記主デジタル情報の単位符号ごとに、位相を進める変調と位相を遅らせる変調とが等しい確率で施したり、前記一定の領域においては、前記主デジタル情報の単位符号ごとに、内周側に位相させる変調と外周側に位相させる変調とが等しい確率で施してもよい。これによって、再生時においては、ジッタ変調の場合、短い繰り返しサイクルで進相変調されたチャネル信号のエッジと遅相変調されたチャネル信号のエッジとが検出されるので、より安定したチャネルビットクロックが抽出され、高い精度で副デジタル情報が復元される。同様に、ラジアル変調の場合、短い繰り返しサイクルで内周側に位相されたチャネル信号と外周側に位相されたチャネル信号とが検出されるので、より安定してプッシュプル信号が検出され、トラッキングサーボがオフセットを持つことなく確実にかかることとなり、高い精度で副デジタル情報が復元される。

【0125】また、本発明に係る光ディスク記録装置は、主デジタル情報に副デジタル情報を重畳させて光ディスクに記録する装置であって、前記光ディスクのトラック上の離散的な基準位置にビットを形成することによって前記主デジタル情報を記録する主デジタル情報記録手段と、ビットの位置を前記基準位置に対して微量量だけ変位させることによって前記副デジタル情報を記録する副デジタル情報記録手段とを備え、前記副デジタル情報記録手段はさらに、乱数系列を発生する乱数発生部と、前記副デジタル情報に基づいて前記乱数発生部から発生された乱数系列に論理変換を施す論理変換部とを有し、前記PE変調部は、前記論理変換部によって論理変換された乱数系列に基づいて前記PE変調信号を生成してもよい。

【0126】これによって、ジッタ変調の場合、ビットのエッジ位置は、乱数系列に基づいてジッタ変調が施されるので、ジッタに埋もれた副デジタル情報の解読は困難となる。同様に、ラジアル変調の場合、ビットのラジアル方向における記録位置は、乱数系列に基づいてラジアル変調が施されるので、ノイズに埋もれた副デジタル情報の解読は困難となる。

【0127】ここで、前記副デジタル情報記録手段はさらに、前記副デジタル情報を秘密に保持する副デジタル情報記録部を有し、前記論理変換部は、前記副デジタル情報記録部に保持された副デジタル情報を構成する各ビ

ット値と前記乱数発生部から発生された一定長の乱数系列との排他的論理和を算出することを前記副デジタル情報の全ビットについて繰り返していてもよい。これによって、一つの乱数系列がそのまま埋め込まれるのではなく、秘密情報と排他的論理和をとって得られる複数の乱数系列が埋め込まれていくので、副デジタル情報の解読がより困難となる。

【0128】また、本発明に係る光ディスク再生装置は、主デジタル情報と副デジタル情報が記録された光ディスクの再生装置であって、前記光ディスクのトラック上の離散的な基準位置に形成されたビットを検出することによって主デジタル情報を再生する主デジタル情報再生手段と、検出したビットの列に対応するチャネル信号から、前記基準位置に同期するチャネルビットクロックを抽出するクロック抽出手段と、前記チャネル信号と前記チャネルビットクロックとの位相差に基づいて副デジタル情報を抽出する副デジタル情報抽出手段とを備えるように構成したり、主デジタル情報と副デジタル情報が記録された光ディスクの再生装置であって、前記光ディスクのトラック上の離散的な基準位置に形成されたビットを検出することによって主デジタル情報を再生する主デジタル情報再生手段と、検出された前記ビットの位置についてのトラック中心からラジアル方向への変位を検出するラジアルエラー検出手段と、検出された変位に基づいて副デジタル情報を抽出する副デジタル情報抽出手段とを備えるように構成してもよい。

【0129】ここで、前記光ディスク再生装置はさらに、前記副デジタル情報生成部において前記積算値の大きさが前記しきい値より大きくないと判定された場合に、前記主デジタル情報の前記再生動作を制限する再生制限手段を備えてもよい。また、前記副デジタル情報生成部は、前記積算部による積算値が予め定められた正のしきい値より大きい第1の相関性が存在する場合であるか、予め定められた負のしきい値より小さい第2の相関性が存在する場合であるか、いずれでもない相関性が存在しない場合であるか判定し、相関性が存在する場合に、その結果を副デジタル情報として出力し、前記光ディスク再生装置はさらに、秘密情報を記憶する秘密情報記憶手段と、前記秘密情報記憶手段に記憶された秘密情報と前記副デジタル情報生成部が生成した副デジタル情報とを比較する検証手段とを備え、再生制限手段は、前記場合に加えて、前記検証手段での比較において一致しないと判定された場合にも、前記主デジタル情報の前記再生動作を制限してもよい。

【0130】これによって、上述のジッタ変調及び、ラジアル変調によって埋め込まれた副デジタル情報を読み出すことが可能な著作権保護機能を有する光ディスク再生装置が実現される。また、本発明に係る光ディスクは、上記光ディスクにおいて、前記主デジタル情報は、所定の基準クロックに同期して形成された情報ビット列

であり、前記副デジタル情報は、前記基準クロックに対して局所的に位相誤差を加えて形成されたビット列により表現されるコピーガード情報であるとしてもよい。

【0131】これによって、記録時の基準クロックをコピーガード情報に対応させて位相変調し、その位相変調クロックでデータ列を記録させることにより複製を困難にし、再生側では、その位相変動成分をジッタ値として検出することによりコピーガード情報を検出することができ、簡単な回路構成で、違法な複製を容易に識別することができる。

【0132】このように、本発明に係るジッタ変調及びラジアル変調により、デジタル著作物が格納された光ディスクのダビング等による不正行為が防止され、デジタル著作物の健全な流通が確保されることとなり、その実用的価値は極めて高い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態における光ディスク記録装置の構成を示すブロック図である。

【図2】同装置における主な信号のタイミングチャートである。

【図3】同装置のフォーマッタの詳細な構成を示すブロック図である。

【図4】秘密鍵、擬似乱数系列及び記録データの対応関係を示す図である。

【図5】同装置の擬似乱数発生器の詳細な構成を示す回路図である。

【図6】同装置の位相変調器の詳細な構成を示すブロック図である。

【図7】同装置によってビットが形成されたDVDの表面を示す外観図である。

【図8】同装置によって形成されたビットについてのジッタの頻度分布を示すグラフである。

【図9】本発明の第1の実施の形態における光ディスク再生装置の構成を示すブロック図である。

【図10】同装置のクロック抽出器の詳細な構成を示すブロック図である。

【図11】クロック抽出器における位相誤差信号分離器の詳細な構成を示す回路図である。

【図12】図11に示された位相誤差信号分離器の動作を説明するための各信号のタイミングチャートである。

【図13】同装置の再生信号処理回路の詳細な構成を示すブロック図である。

【図14】同装置の同期検波器の詳細な構成を示す回路図である。

【図15】同装置の積分器から出力されるアナログ信号波形の例を示す図である。

【図16】同装置の検証部の詳細な構成を示すブロック図である。

【図17】本発明の第2の実施の形態における光ディスク記録装置の構成を示すブロック図である。

【図18】同装置における主な信号のタイミングチャートである。

【図19】同装置によってビットが形成されたDVDの表面を示す外観図である。

【図20】同装置によって形成されたビットについてのラジアルエラーの頻度分布を示すグラフである。

【図21】本発明の第2の実施の形態における光ディスク再生装置の構成を示すブロック図である。

【図22】同装置の再生ヘッドのうちラジアルエラー信号の生成に関わる部分の詳細な構成を示すブロック図である。

【図23】同装置のラジアルエラー検出器の詳細な構成を示すブロック図である。

【図24】本発明の第3の実施の形態における光ディスクの構成図である。

【図25】図24に示された光ディスクの部分図である。

【図26】本発明の第3の実施の形態における光ディスク装置のブロック図である。

【図27】図26に示された光ディスク装置の動作説明のためのタイミングチャートである。

【図28】図26に示された光ディスク装置の動作説明のためのタイミングチャートである。

【図29】本発明の効果を説明するための典型的な光ディスク複製装置のブロック図である。

【図30】従来技術におけるDVDの記録領域を説明する図である。

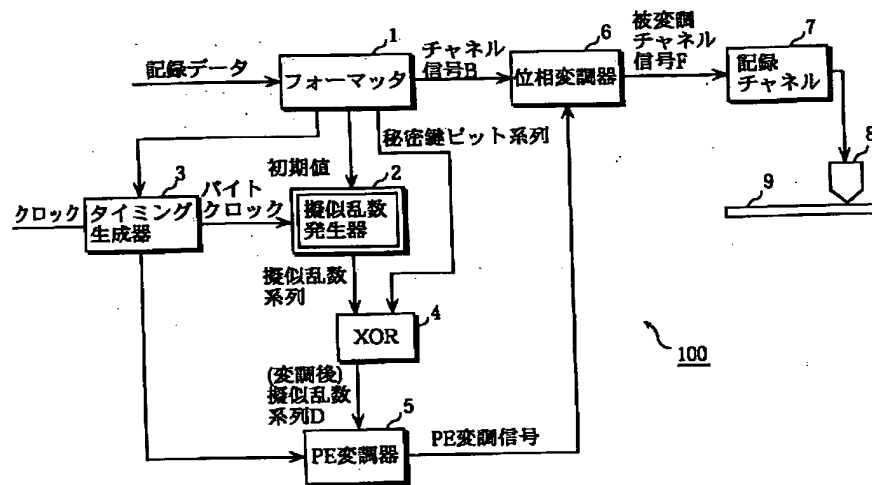
【符号の説明】

1	フォーマッタ
2	擬似乱数発生器
3	タイミング生成器
4	排他的論理和ゲート
5	PE変調器
6	位相変調器
7	記録チャンネル
8	記録ヘッド
9	DVD
11	再生ヘッド
12	再生チャンネル
13	再生信号処理回路
14	クロック抽出器
15	同期検波器
16	検証部
17	擬似乱数発生器
18	ラジアル変調器
19	トラッキングアクチュエータ
20	ラジアルエラー検出器
100、200	光ディスク記録装置
110、210	光ディスク再生装置
311	光ディスク

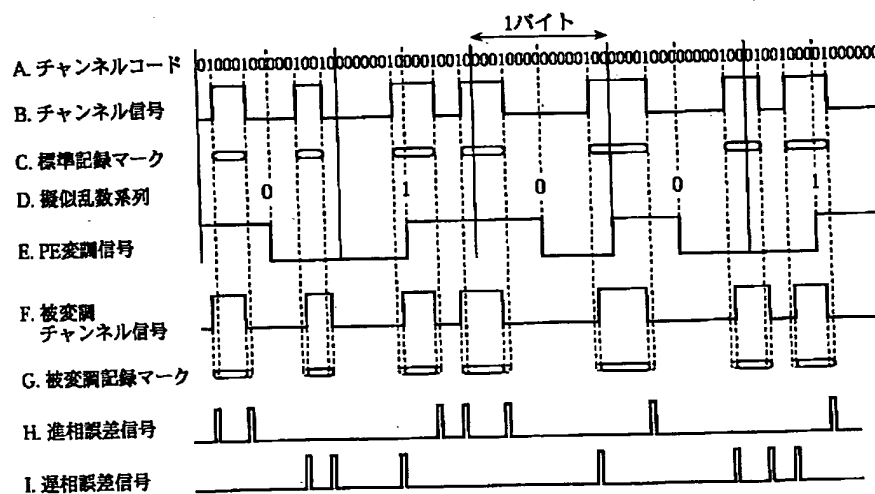
312 コピーガード情報
321 ビット
331 コンパレータ
332 PLL回路
332a 位相比較器
332b LPF
332c VCO
333 振幅検出器
334 フリップフロップ

361 光ディスク
362 光ディスク
363 再生ヘッド
364 再生アンプ
365 コンパレータ
366 PLL回路
367 フリップフロップ
368 光変調器
369 記録ヘッド

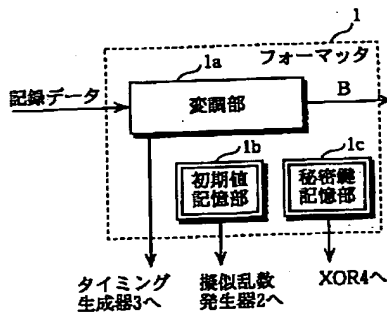
【図1】



【図2】



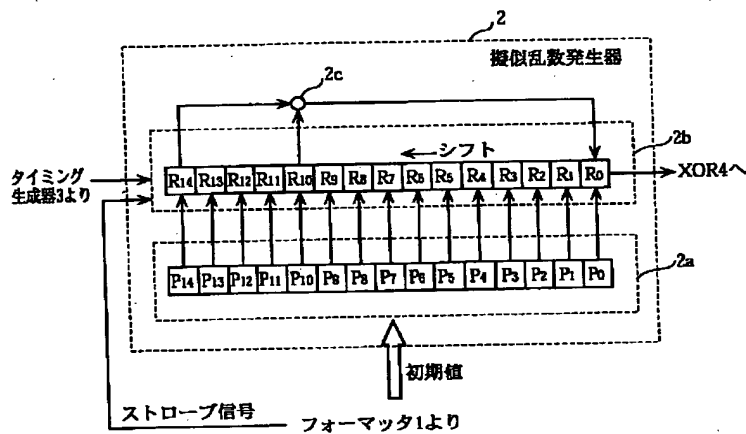
【図3】



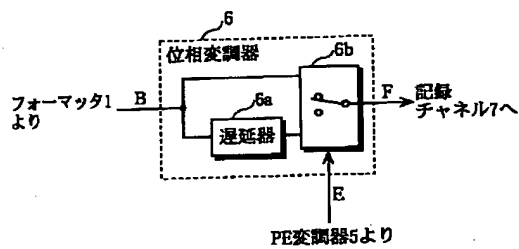
【図4】

秘密鍵 1011010001101・・・1 (56ビット)
 擬似乱数系列 01001・・・1 (256ビット)
 チャンネルコード 00100・・・0 (16ビット/1バイト)

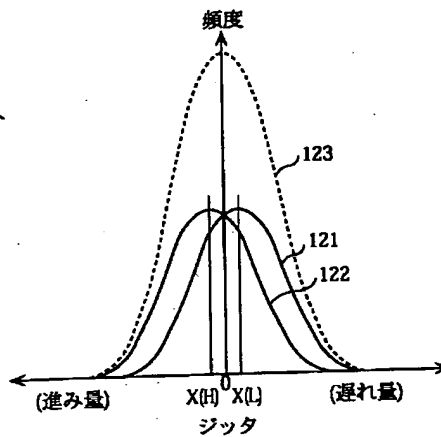
【図5】



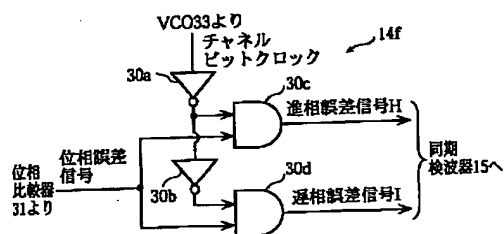
【図6】



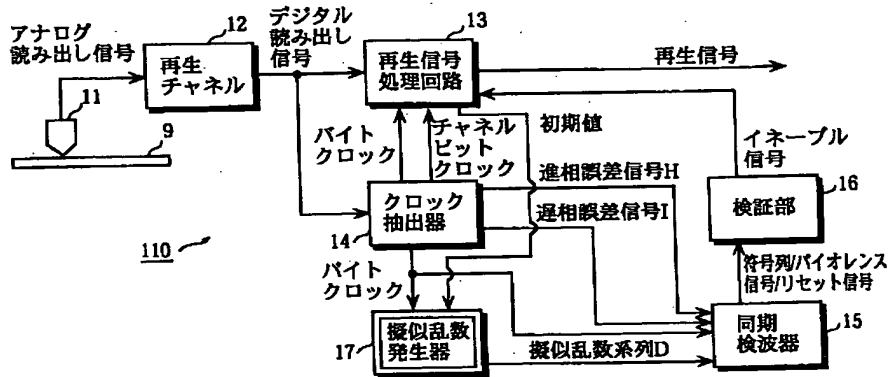
【図8】



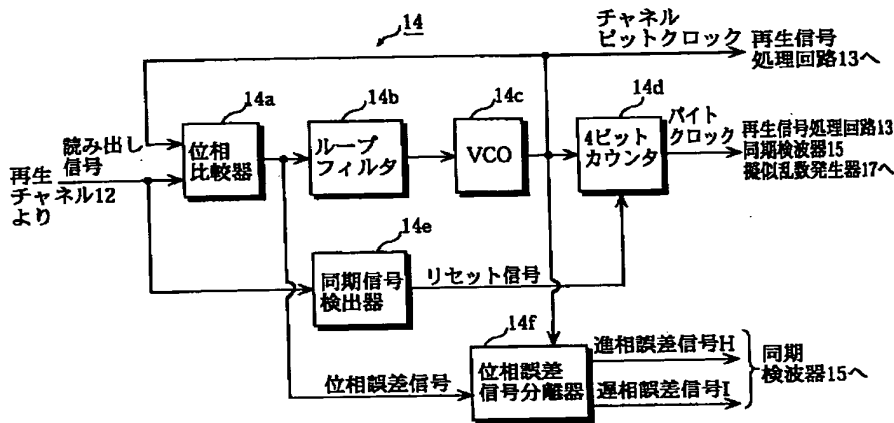
【図11】



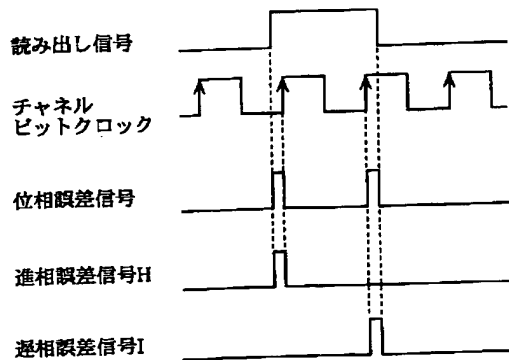
【図9】



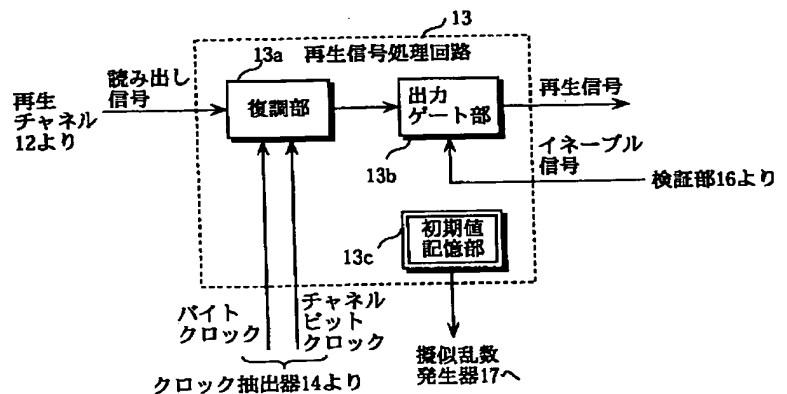
【図10】



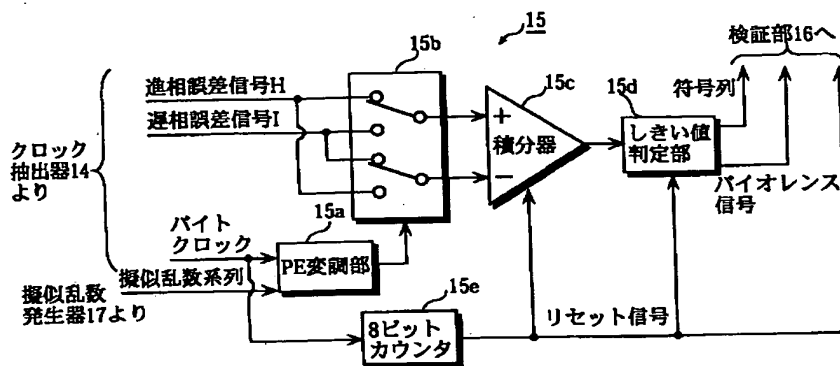
【図12】



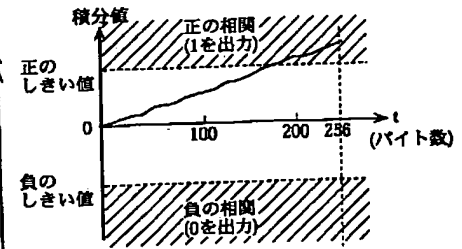
【図13】



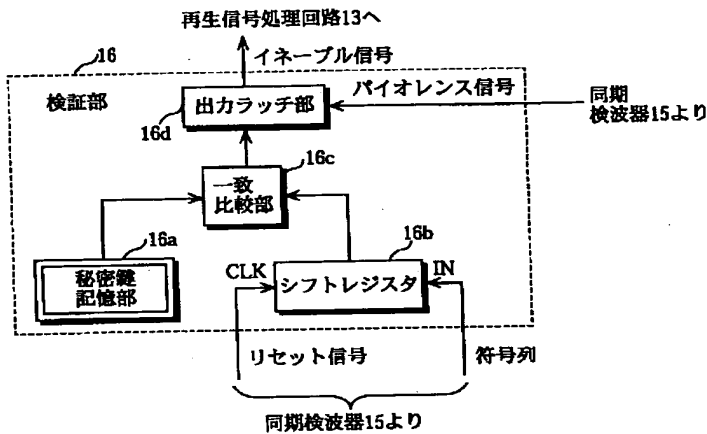
【図14】



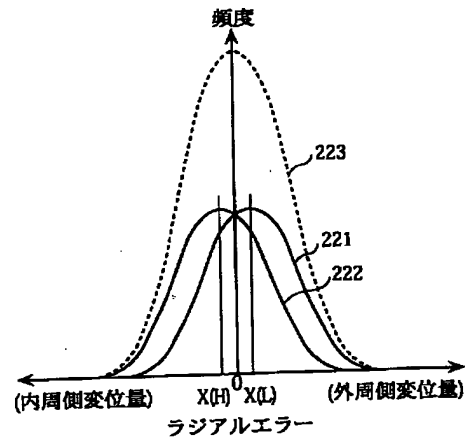
【図15】



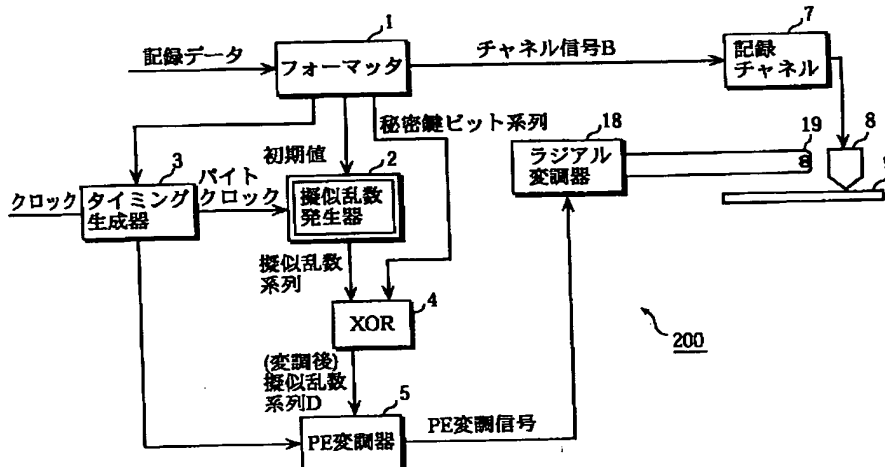
【図16】



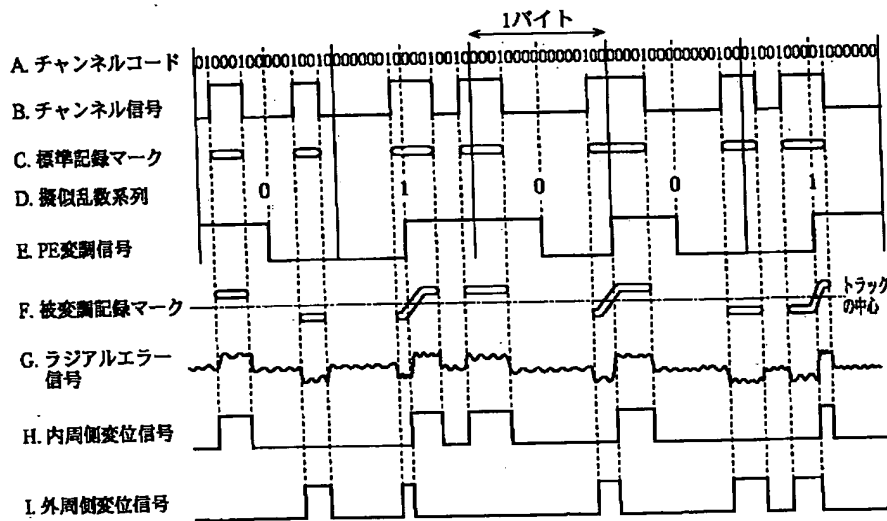
【図20】



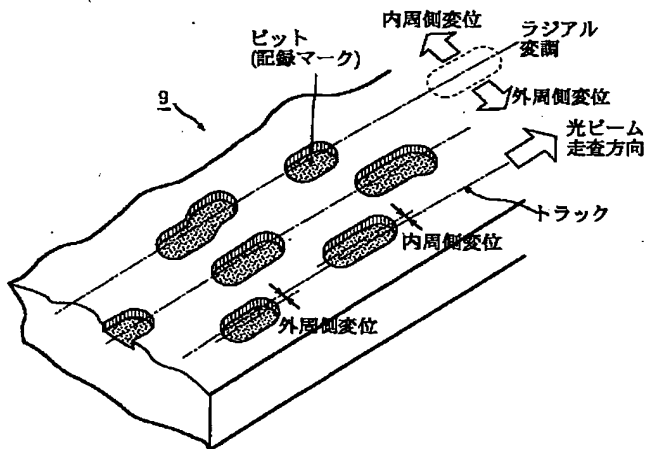
【図17】



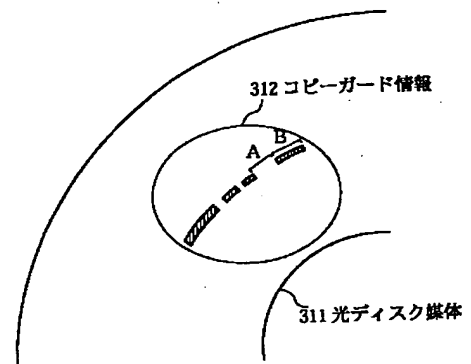
【図 18】



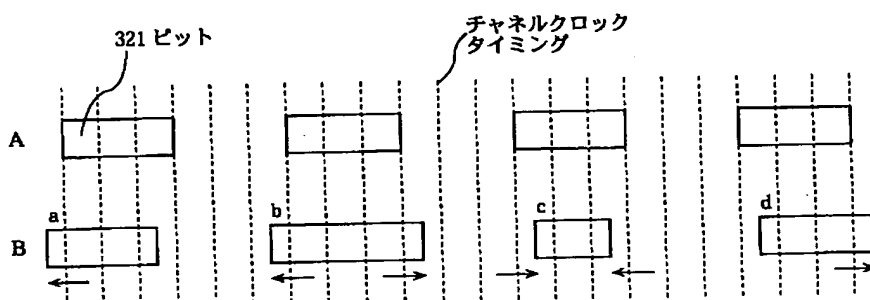
【図 19】



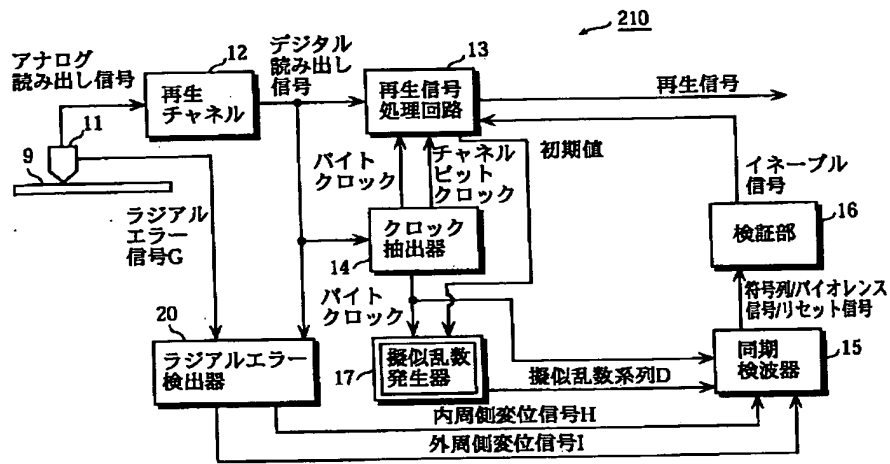
【図 24】



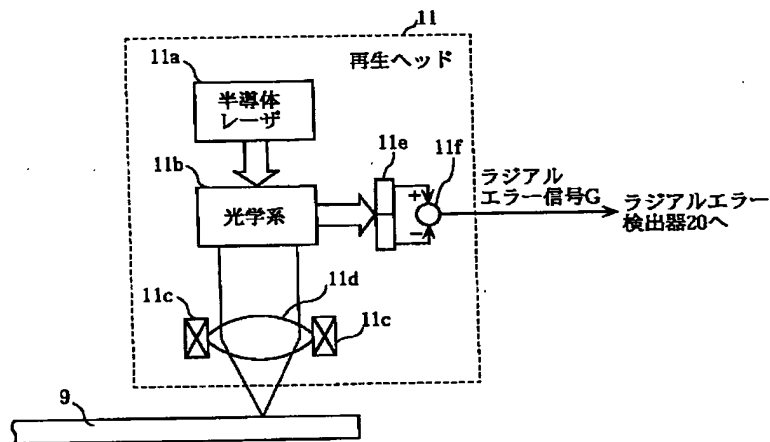
【図 25】



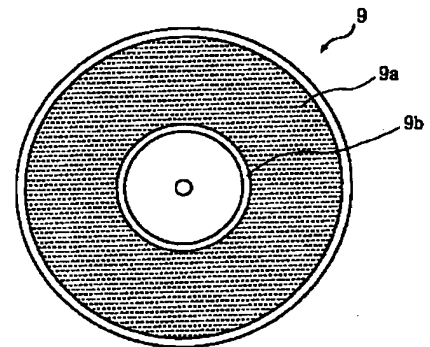
【図21】



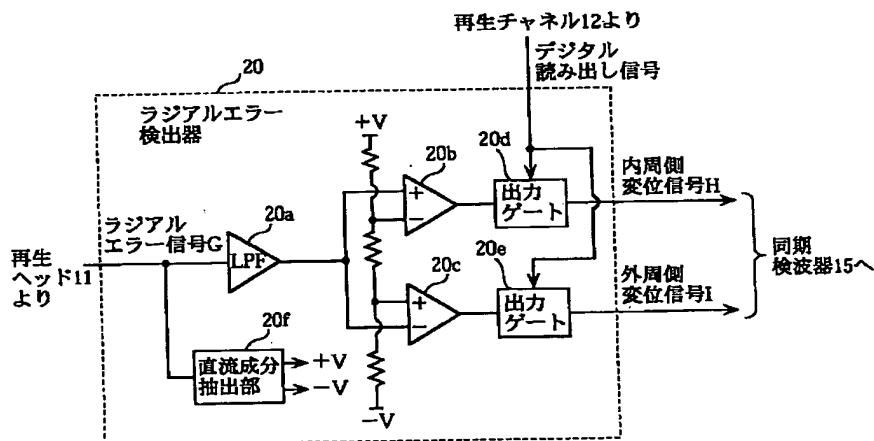
【図22】



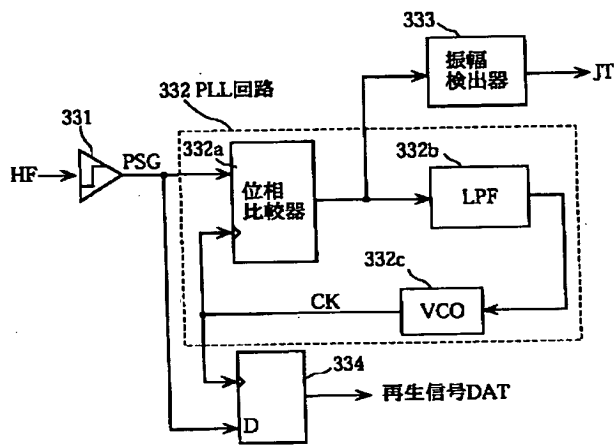
【図30】



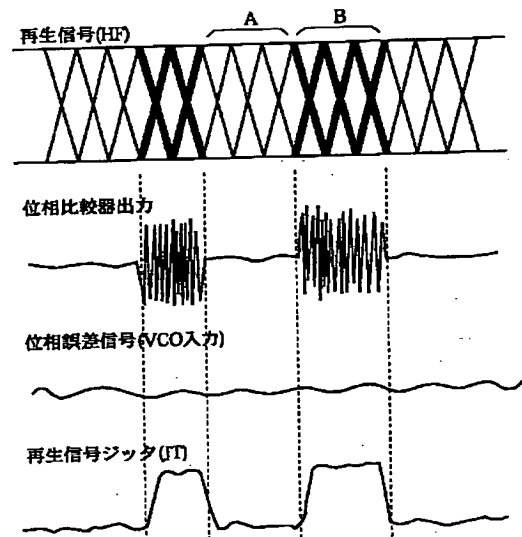
【図23】



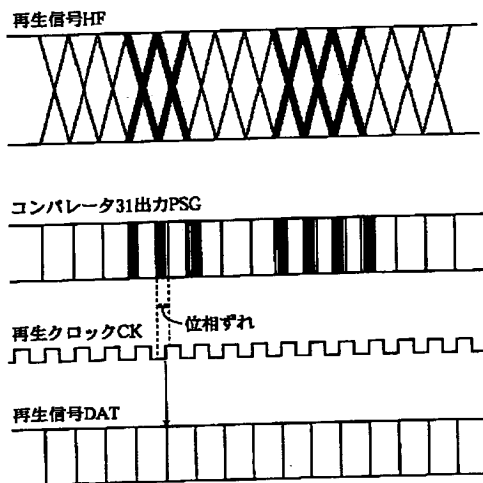
【図26】



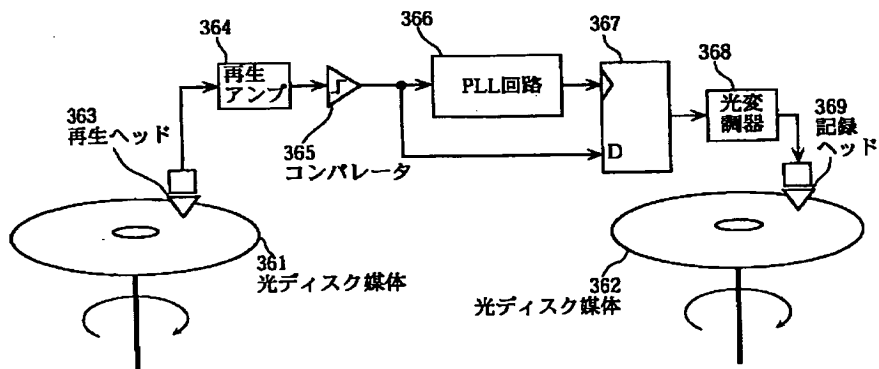
【図27】



【図28】



【図29】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 伸一
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 弓場 隆司
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

Fターム(参考) 5D029 WA18 WA20
5D044 AB05 AB07 BC03 CC06 DE02
DE27 DE50 GK12 GK17
5D066 DA03 DA16
5D090 AA01 BB02 CC04 DD01 EE13
FF02 FF14 FF36 GG09 GG33

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.